João Pedro Estêvão Monteiro

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

Análise da solução mais económica para o abastecimento de água ao reservatório de Alto Carenque

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador: Mário Jorge Rodrigues Pereira da Franca,

Professor Doutor, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Júri:

Presidente: Professor Doutor João Carlos Gomes Rocha de Almeida

Arguente: Professor Doutor João Nuno Sequeira Fernandes

Vogal: Professor Doutor Mário Jorge Rodrigues Pereira da Franca

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Julho 2013

Título: Análise da solução mais económica para o abastecimento de água ao reservatório de Alto Carenque

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação representa para mim a conclusão de uma etapa importante a nível académico. Agradeço a todos os que me têm acompanhado e ajudado em todo este percurso e que muito têm contribuído para o desenvolvimento do meu futuro.

Começo por manifestar o meu apreço à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e à EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, pela possibilidade de realização do presente trabalho e por todos os meios colocados à disposição. Agradeço igualmente a excelência da formação prestada e conhecimentos transmitidos, que foram úteis para esta dissertação, ambicionando que esta dignifique, em última instância ambas as entidades.

Agradeço também ao Professor Mário Jorge Rodrigues Pereira da Franca, meu orientador científico, pelo seu apoio, orientação, conhecimento transmitido e disponibilidade para ajudar sempre que possível a desenvolver o presente trabalho.

Ao Professor João Leal, que iniciou esta jornada como meu orientador e que permitiu o arranque do processo com toda a sua disponibilidade e motivação.

Ao Engenheiro Mário Jorge Santos Maria, Diretor da Direção de Operações da EPAL, pela disponibilidade e incentivo mas também pela confiança que sempre demonstrou desde o primeiro momento.

Ao Engenheiro Sérgio Brito Rodrigues, Responsável de Departamento de Redes da Direção de Operações da EPAL, e ao Engenheiro Guilherme Piteira Rodrigues da Hora, Responsável de Unidade do Despacho da Direção de Operações da EPAL, pela ajuda na escolha inicial de um tema que para além de ser um desafio foi também muito importante na minha aprendizagem no âmbito do Sistema de Abastecimento da EPAL.

Aos meus colegas da Direção de Operações da EPAL, em especial aos colegas do Centro de Comando pela forma com que me fizeram sentir integrado na equipa e facilitaram o esclarecimento de dúvidas que surgiram durante estes meses de trabalho.

Aos meus colegas de curso pelas boas memórias que guardo e pela entreajuda. Em especial ao Alentejano, Antunes, Calçada, Carminho, Guerra, Jamie, Jota, Mateus e Pinto pelos inúmeros momentos de boa disposição e também pelos momentos de extrema concentração quando assim era exigido.

A todos os meus amigos, seja em Portimão ou na Moita, por me acompanharem nos momentos de maior descontração e partilharem comigo o orgulho que é a concretização deste objetivo.

À Joana por estar ao meu lado com toda a tolerância e carinho. Pela compreensão, cumplicidade e união que fazem com que o sucesso de cada um seja o sucesso de ambos.

Por último mas com a maior importância agradeço à minha família, principalmente aos meus pais por terem feito tudo para que eu cumprisse o meu objetivo. Agradeço todo o esforço que fizeram para que eu seguisse a minha vida académica sempre de forma tranquila e focada apenas nos estudos e em ser feliz. É com esta sensação de missão cumprida que vos dedico este trabalho e garanto continuar a esforçar-me para todos os dias vos encher de orgulho seja a nível pessoal ou profissional.

RESUMO

Para avaliação dosubsistema do reservatório de Alto Carenque considera-se, o volume de água tratada do próprio reservatório, os consumos e o abastecimento ao mesmo. O caudal que percorre este sistema é gerido pela Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. (EPAL), desde a sua captação até à sua reserva, sendo que a distribuição ao consumidor final é feita pelas entidades gestoras Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Sintra e Amadora.

É através do método de telegestão que, em tempo real, a EPAL gere todo o sistema de abastecimento, tendo ao seu dispor várias opções de adução, por elevação com recurso a grupos eletrobomba ou de modo gravítico. Esta gestão contempla, entre outros fatores de decisão, a energia elétricanecessária para a elevação, os volumes de consumo a garantir e a otimização da vida útil de todas as infraestruturas e acessórios do sistema.

A presente dissertação visa a apresentação de um modelo de simulação para o abastecimento deste subsistematendo em conta o histórico de consumo existente, que possibilite uma otimização do uso de energia elétrica, permitindo abordar de forma automatizada diferentes cenários de exploração. A diversidade de opções que existem nos percursos de adução podem assim ser simuladas para intervalos de tempo diferentes, de horas ou anos, devolvendo ao utilizador uma imagem global dos volumes de abastecimento, da evolução da capacidade de reserva e dos custos associados.

A presente dissertação é constituída por seiscapítulos que compreendem uma introdução e enquadramento do tema; a caracterização do sistema de captação, adução e distribuição da EPAL; o histórico de consumos justificando os valores modelados; a apresentação e validação do modelo e a apresentação e discussão dos cenários propostos para simulação.Finalmente apresentam-se algumas conclusões e recomendações para desenvolvimentos futuros.

Pretende-se que o presente documento contribua para uma abordagem ao tema da procura de soluções mais económicas e eficientes na utilização de energia, em empresas de distribuição de água, analisando diferentes cenários de exploração e os custos associados à mesma.

Palavras-chave:modelo de simulação, sistema de abastecimento de água, EPAL, otimização, eficiência energética

ABSTRACT

For the analysis of the subsystem of reservoir Alto Carenque its volume, the consumption and the supply volumes are considered. The water transported through this system is managed by Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA (EPAL), since the abstraction point until the storage locations, whereas the distribution to final consumers is managed by the companyServiços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) Amadora and Sintra.

Epal manages in real time and remotely the entire supply system, where several options for adduction are possible, either by means of pumping or purely gravitationally.Among others, managingdecisions take into account the energy required for pumping and to ensure optimum life of all infrastructure and system accessories (Electric Groups, valves, etc.).

This work aims at presenting a simulation tool for the supply of this subsystem to enable the optimization of the energy consumption, taking into account historical consumption data and addressing different operational scenarios. The diversity of options for adduction of this subsystem can thus be simulated using several time scales, from hours to years, so the model gives the user a global view of the supplied volumes, costs and evolution of reserves.

Thisdissertation consists in six chapters that include an introduction; the characterization of the EPAL system, including abstraction, supply and distribution; the presentation and analysis of the historical consumption data, which justifies the simulated scenarios; the presentation and validation of the model and the presentation and discussion of the simulated scenarios. Finally, we present the conclusions, and recommendations for future work are drawn.

The present document contributes to the discussion on energy efficiency for water supply systems by setting up a simulation tool, which can be used to simulate several exploration scenarios to establish the most efficient in terms reduction of costs related to electrical energy.

Key-words: simulation model, water supply system, EPAL, optimization, energy efficiency

ÍNDICE DE TEXTO

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE QUADROS

LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AdP – Águas de Portugal

DN – Diâmetro Nominal

EE – Estação Elevatória

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres

ETA – Estação de Tratamento de Água

Fd – Fator de Ponta Diário

Fh – Fator de Ponta Horário

Fm – Fator de Ponta Mensal

Gr – Grupo Eletrobomba

HTTP – Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto)

PE – Ponto de Entrega

PNAEE - Plano Nacional de Acão para a Eficiência Energética — Portugal Eficiência 2015

Q - Caudal

SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition* (Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados)

SMAS - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

SA – Sociedade Anónima

St – Grupo Eletrobomba com menor capacidade de elevação presente na Estação Elevatória de Telheiras que eleva para o Reservatório de Alto Carenque (Sintra)

ST – Grupo Eletrobomba com maior capacidade de elevação presente na Estação Elevatória de Telheiras que eleva para o Reservatório de Alto Carenque (Sintra)

VFX – Vila Franca de Xira

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA

Proporcionar o abastecimento de água para consumo doméstico e industrial implica uma utilização intensiva de energiaelétrica, nem sempre de um modo eficiente.É de todo o interesse das entidades responsáveis pelo abastecimento de água à população, a otimização do consumo energético, tanto para a adução como a distribuição de água, sem no entanto prescindir da qualidade de serviços e equipamentos.

A importância da conservação de energia cresce em termos mundiais, especialmente face aos cada vez mais elevados custos energéticos.Entre dois e três por cento do consumo de energia do mundo é usado na elevação e tratamento de água para abastecimento urbano e consumo industrial.A perspetiva de crise pela escassez de energia elétrica, aliada ao apelo de redução de emissões de carbono para diminuir os efeitos causados pelo aquecimento global tem levado a que o consumidor, seja ele de âmbito residencial ou industrial, procure alternativas para a conservação da energia elétrica, promovendo a sua eficaz utilização (Neto, 2008).

Em Portugal, a implementação de medidas de conservação de energia elétrica também é uma prioridade, tendo assim sido criado e aprovado em 2008 o Plano Nacional de Acão para a Eficiência Energética — Portugal Eficiência 2015 (PNAEE). Trata-se de um plano de Acão agregador de um conjunto de programas e medidas de eficiência energética, num horizonte temporal que se estende até ao ano de 2015. Nos últimos anos, e pela primeira vez desde o início da década de noventa do século passado, registou-se um decréscimo no consumo de energia final.Poupar energia significa diminuir a quantidade de energia utilizada em qualquer ato do nosso quotidiano. Gastar menos energia tem como principais vantagens a poupança económica e a conservação do ambiente. Como se sabe, a produção de energia requer recursos naturais, como por exemplo carvão, petróleo ou gás. Assim, gastar menos energia ajuda a preservar estes recursos e a mantê-los durante mais tempo. A redução de consumo acima referida traduz que,para além da preocupação ambiental, existe uma preocupação de poupança a nível económico para garantir a subsistência de muitas indústrias.

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

O desenvolvimento tecnológico e económico das sociedades que ocorre Actualmente de forma progressiva deu origem a um aumento global da demanda de água. No esforço levado a cabo pelo Homem para atender a esta procura de água de boa qualidade, em quantidades adequadas, quando e onde ela é necessária, fica por vezes esquecida a necessidade de projeção para utilização de forma eficiente dos recursos necessários ao abastecimento.

Modelos de decisão desempenham um papel importante para lidar com problemas de planeamento dos recursos hídricos, integrando simultaneamente todos os aspetos relevantes, sejam eles físicos, hidrológicos, tecnológicos ou financeiros. A diferença entre a teoria e a prática neste domínio deve ser considerada, mas com uma margem cada vez mais diminuta.

A crescente procura por água e a variabilidade natural da sua ocorrência tem levado o Homem a interferir com o ciclo hidrológico, numa tentativa de assegurar que a água de qualidade aceitável e em quantidade suficiente, será disponibilizada com uma distribuição apropriada no espaço e no tempo.

A fim de resolver os problemas do Homem sobre a exploração e o aproveitamento de recursos hídricos, os engenheiros são muitas vezes solicitados para elaboração de planos ambiciosos, sobre controlo de enchentes, armazenamento de água, distribuição de água, fornecimento de água subterrânea, etc. O sucesso proveniente destes planos obriga a uma compreensão completa de aspetos físicos, hidrológicos e financeiros envolvidos nesses problemas.

As decisões a serem tomadas em cada situação devem corresponder às melhores soluções sobre as infraestruturas a serem construídas e a maneira como sua operação será realizada para satisfazer a procura, tendo em conta a distribuição temporal e espacial dos recursos, prestando a devida atenção a qualquer impacto ambiental que advier.

Os enormes investimentos necessários para implementar e operar um sistema de abastecimento apropriado, e a natureza irreversível que é inerente às opções tomadas na implementação de tais infraestruturas, exigem que o planeamento utilize as ferramentas metodológicas adequadas para obter a melhor resposta (ou um conjunto de boas respostas alternativas) para tais problemas.

Modelos de decisão podem desempenhar um papel importante no tratamento de problemas relacionados com o planeamento para a utilização de recursos hídricos, pois podem conjugar simultaneamente todas as análises pertinentes mesmo para diferentes campos científicos. Estes podem, com sucesso, integrar as múltiplas vertentes a serem consideradas no planeamento de sistemas de distribuição de água.

A construção destes modelos de programação matemática inclui uma função objetivo e um conjunto de restrições. A função objetivo deve descrever os critérios técnicos definidos para a intervenção. As funções podem abranger desde a relação custo/benefício, localização, construção e operação das infraestruturas, a sua fiabilidade técnica, o risco associado à intervenção, etc. Estas são as questões frequentemente incluídas nas funções objetivo relacionadas com sistemas de abastecimento de água.

As restrições podem incluir aspetos de ordem física, hidráulica, ecológica, tecnológica ou até mesmo aspetos de ordem financeira. A grande variedade de problemas relacionados com os sistemas de abastecimento de água em situações reais dá origem a diversos tipos de modelos de decisão. Problemas do mundo real, por norma, não são lineares, e em muitos casos as funções objetivo e o comportamento físico dos sistemas são representados por equações não-lineares. Para resolver cada modelo, é necessário utilizar os meios mais adequados, tendo em conta as suas características matemáticas.

Na criação de modelos de apoio à decisão, encontram-se possíveis soluções a implementar no futuro naturalmente, sendo que para tais simulações são usados como dados de base, valores registados no passado. Uma vez que não é possível olhar-se para o futuro com precisão, e uma vez que os modelos obrigam a fazer suposições sobre o futuro, este processo de modelação deve ser sequencial e adaptável. Dever-se-ão fazer estimativas e com base nessas estimativas, gerar informações úteis para o planeamento por forma a tomar uma decisão (Cunha, 2003).

O modelo a criar deve ser comparado com eventos reais que ocorrem ao longo do tempo. Caso aconteça que as previsões não sejam as esperadas, devido a mudanças nos objetivos ou se detete que é insuficiente o conhecimento de dados ou modelos sobre os quais as decisões anteriores foram tomadas, a modelação pode ser modificada ou o processo de decisão pode ter de ser reiniciado. Os modelos podem ajudar a identificar os impactos da incerteza sobre as previsões através de análises de sensibilidade, por ser capaz de alterar os dados de entrada do modelo e até mesmo as equações do modelo e premissas, correndo os modelos modificados que contenham esses pressupostos já alterados, e avaliando os resultados. Tecnologia de modelação está constantemente em mudança por forma a dar resposta às novas necessidades de informação, a mudanças na tecnologia utilizada e a um melhor conhecimento dos sistemas a modelar.

É importante que os modelos permitam ao operador o controlo interativo sobre os dados de inserção, edição e exibição mas também sobre a operação a realizar. Deste modo facilita a compreensão do utilizador sobre o processo, os *inputs* e a interpretação dos *outputs*.

Sistemas de apoio à decisão são prestadores interativos de informação baseados em cálculos elaborados por computador. Assim como os seus modelos subjacentes e componentes de gestão de dados, não tomam a decisão por si só. Eles apenas fornecem informações para aqueles que precisam ou que potencialmente possam beneficiar da mesma. Sistemas de apoio à decisão para a gestão de recursos hídricos fornecem um meio de examinar os inúmeros aspetos envolvidos na tentativa de projetar e gerir sistemas de uma forma cada vez mais sustentável, podendo contribuir de forma eficaz e equitativa para o bem-estar económico e social dos seus utilizadores e, ao mesmo tempo, melhorar o ambiente e proteger os ecossistemas de apoio. Sistemas de apoio à decisão também podem apoiar um plano de exploração em tempo real que seja adaptativo na sua abordagem de gestão, em que as decisões, bem como os sistemas de apoio à decisão são continuamente atualizados e melhorados.

Em sistemas de exploração multi-reservatórios em tempo real, pode ser a única maneira que nós temos hoje de fazer uma gestão eficiente de forma coordenada entre os caudais de consumo e o volume disponível para o armazenamento de água (Loucks, 1999)

Os sistemas de apoio à decisão como os modelos de cálculo devem servir, tal como a definição indica para apoiar uma decisão final, mas também no decorrer do processo de cálculo é necessário uma supervisão que transcenda a qualquer fórmula matemática. É necessário considerar variáveis que se alteram ao longo do tempo e que não são quantificáveis para além da sensibilidade e experiência do operador conhecedor do sistema e dos equipamentos que se encontram no terreno. Objetivos de exploração que são alterados inesperadamente, questões relacionadas com a manutenção de equipamentos ou outras questões de carácter imprevisível podem fazer com que a função objetivo num determinado modelo de cálculo se torne obsoleta, situação que valoriza um modelo de simulação mais dependente do utilizador e das características atuais do sistema de exploração.

O presente documento incide sobre o estudo da eficiência noabastecimento ao reservatório de Alto Carenque da rede da Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL). O objetivo principal desta dissertação consiste na criação de um modelo de simulação que, com base em dados de registo de consumos anteriores, permita experimentar as diversas opções de abastecimento pela estação elevatóriada Amadora ou estação elevatória de Telheiras ao referido reservatório por forma a garantir o normal abastecimento utilizando um consumo de energia mais eficiente. Serão simuladas as diferentes opções de exploração de forma separada e combinada de forma a aproveitar os equipamentos redundantes instalados,na procura de um método de exploração mais eficiente em termos energéticos e económicos.

1.3. METODOLOGIAS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada em 6 capítulos.Introdução, apresentando a racionalização do consumo de energia como principal motivação para o trabalho, destacando o grande impacto financeiro que este processo representa para as empresas do sector de abastecimento de água. Caracterização das partes constituintes de um sistema de abastecimento de águadesde a captação até as redes de distribuição de modo a perceber-se onde a energia está inserida no sistema, em particular no caso de estudo Alto Carenque. Dados de Base, com apresentação do historial de consumos justificando os valores modelados e apresentação também do regime de tarifas em vigor. Apresentação do Modelo, com as considerações gerais para a criação do modelo e a validação do mesmo.Apresentação e discussão dos Cenários de Simulação com a apresentação da exploração atual, a análise e discussão dos resultados e um exercício final de análise de custos. Finalmente apresentam-se as Conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

Todos os dados necessários para a caracterização do subsistema de abastecimento de água ao reservatório de Alto Carenque, forma fornecidos pela empresa gestora EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres.

2. CARATERIZAÇÃO DO SISTEMA EPAL

2.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Propõe-se neste capítulo segundo, apresentar de uma forma genérica todo o sistema de abastecimento da EPAL por forma a enquadrar todos os conceitos e locais referidos no decorrer da presente dissertação.

A EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA é uma sociedade anónima de capitais integralmente públicos, detida a 100% pela AdP- Águas de Portugal.

A EPAL é responsável por um sistema de abastecimento que se desenvolve ao longo de mais de 2100 kms, desde a albufeira de Castelo do Bode até à cidade de Lisboa [www.epal.pt]. O abastecimento de água no que se refere às operações de produção, transporte e distribuição de água é gerido por um sistema de telegestão que centraliza a operação e o controlo de mais de 170 instalações, desde as estações elevatórias e estações de tratamento, a reservatórios e adutores.

O mercado da EPAL na prestação dos serviços de abastecimento de água compreende uma área de 7.090 km^2, que engloba 35 concelhos da margem norte do rio Tejo [Figura2-1] que representam no seu todo cerca 2,870 milhões de consumidores, sendo que aproximadamente 350 mil são clientes diretos do município de Lisboa. [Relatório de Sustentabilidade, 2011].

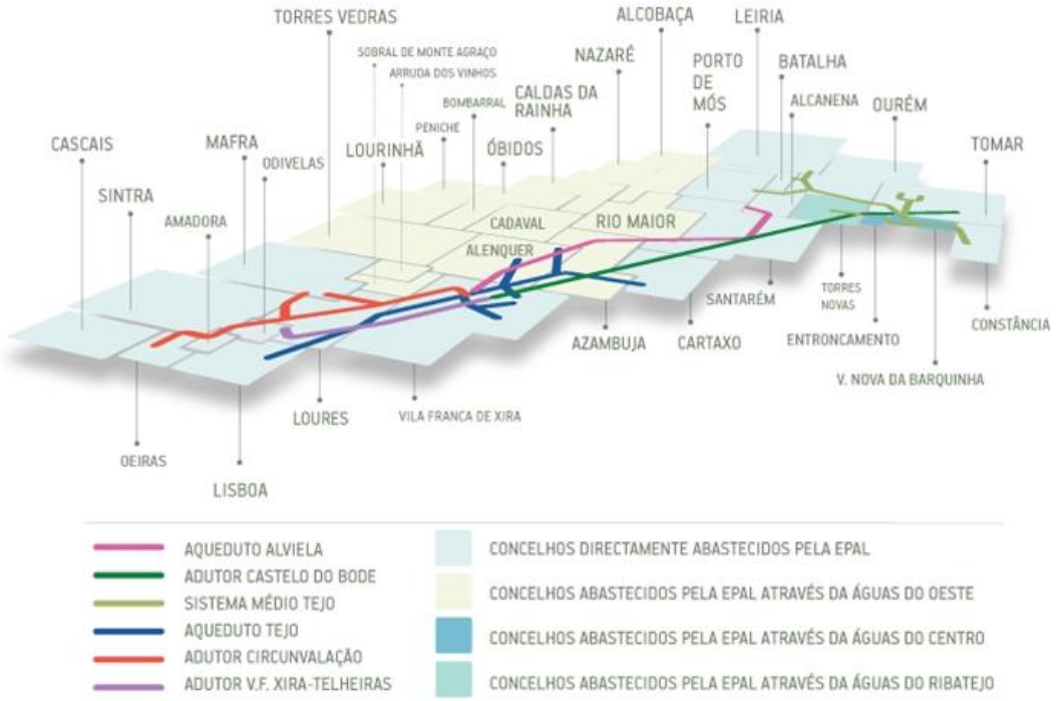


Figura 2-1 – Sistema de Abastecimento EPAL [www.epal.pt]

2.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

O crescimento urbano no século XVIII conduziu à construção do Aqueduto das Águas Livres que pode considerar-se o primeiro adutor de água para a capital. Foi construído ainda no decorrer do reinado de D. João V e levou cerca de 17 anos até ficar concluído no ano de 1748. Mais tarde, em 1868 foi criada a Companhia das Águas de Lisboa (CAL) e decorrido mais um século a cidade de Lisboa enfrenta novas dificuldades até à entrada em funcionamento, em 1880, do Aqueduto Alviela que permitiu trazer para a capital as águas provenientes da nascente dos Olhos de Água do Rio Alviela.

O recurso às águas subterrâneas do Vale do Tejo e a sua adução até Lisboa através do Aqueduto Tejo construído entre 1935/40 constitui mais uma fase importante da adução a Lisboa.

Em 1974, é então constituída a Empresa Portuguesa das Águas de Lisboa, sucessora da centenária CAL-Companhia das Águas de Lisboa, concessionária do abastecimento de água à cidade de Lisboa, entre 2 de Abril de 1868 e 30 de Outubro de 1974, altura em que terminou o contrato de concessão. Em 1979 com a entrada em exploração do Adutor Vila Franca Xira – Telheiras o primeiro grande adutor a funcionar em regime forçado e a pressão relativamente elevada através da E.E. de Vila Franca de Xira. Nos capítulos seguintes, esta Estação Elevatória será referenciada como EE1 VFX.

Em 1987, e já desde 1981 sob a designação de Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), iniciou-se mais uma fase histórica com o recurso às águas da albufeira de C. Bode através do Adutor de C. Bode.

Em Maio de 2001, mais um acontecimento de importância capital para o abastecimento aos Municípios limítrofes de Lisboa, a entrada em funcionamento do Adutor de Circunvalação com origem na Estação Elevatória 2 de Vila Franca de Xira (Manual de Exploração Alta, EPAL 2011).

Nos pontos seguintes serão abordados cada um dos subsistemas constituídos por estes adutores principais, muito diferentes entre si mas com um lugar próprio no sistema adutor da EPAL, dando também relevância ao subsistema do abastecimento a Sintra que envolve o Reservatório Alto Carenque uma vez que este Subsistema em particular é parte do objeto de estudo deste trabalho.

2.3. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA EPAL

2.3.1. CAPTAÇÃO

As captações constituem uma parte fundamental dos sistemas de abastecimento de água recolhendo água na natureza (origem), tal qual ela existe. O sistema de abastecimento da EPAL utiliza recursos naturais hídricos provenientes de origem superficial e subterrânea.

As captações superficiais do Rio Zêzere e do Rio Tejo situam-se na albufeira de Castelo do Bode e em Valada do Ribatejo, respetivamente.

A água subterrânea captada na EPAL é proveniente de diversos locais, nomeadamente das captações subterrâneas da Ota, Alenquer e Lezírias.

Os locais de captação acima mencionados estão classificados pelo Plano de Segurança da Água de 2011 como locais de Exploração de Rotina uma vez que são utilizados numa base diária. Existem ainda outros locais de captação disponíveis para utilização mas que se encontram parados, classificados como elementos de Emergência (Captações Subterrâneas de Valada do Ribatejo e Nascentes de Olhos d'Água). E ainda existem locais classificados como Fora de Serviço uma vez que já não são considerados em qualquer cenário de gestão do sistema (Captações Subterrâneas do Carregado, Quinta do Campo e Espadanal).

A captação na albufeira de Castelo de Bode é feita por intermédio da torre de tomada de água (Figura 2-2)com forma circular e com mais de 74 m de altura dispondo de capacidade para captar cerca de 1 milhão de m^3/dia. A admissão faz-se a 3 níveis às cotas 88,5 m, 95,4 m, e 104,5 m e o nível máximo de captação é de 121,5 m.

Figura 2-2 – Torre de tomada de água na captação da albufeira em Castelo de Bode [Arquivo de imagens EPAL, 2005]

A água captada é elevada para a ETA da Asseiceira ou Fábrica de Água da Asseiceira (Figura 2–3)através da EE equipada com 5 grupos, cada um de velocidade variável com a capacidade unitária 125 000 m^3/dia que operam sempre que a cota na albufeira for superior a 89 m. Se o nível na albufeira for inferior a 89 m então dispõe-se ainda de mais 3 grupos com a mesma capacidade unitária de 125 000 m^3/dia para uma altura de elevação de 63.5 m.

A Fábrica de Água da Asseiceira é uma estação de tratamento de água constituída por duas linhas de tratamento independentes com uma capacidade de produção de 500 000 m^3/dia na linha 1 e de 125 000 m^3/dia na linha 2.

Figura 2-3 – Estação de Tratamento de Água da Asseiceira [Arquivo de imagens EPAL, 2010]

O volume de água aqui captado, após ser tratado na ETA da Asseiceira, percorre o Adutor de Castelo de Bode.

A captação superficial do Tejo é constituída por duas caleiras de entrada de água, quatro mastros oscilantes de captação(Figura 2-4), uma estação elevatória e as condutas elevatórias que conduzem a água bruta até à estação de tratamento de água existente em Vale da Pedra, também designada por Fábrica de Água de Vale da Pedra.

As condutas de adução da água bruta à ETA de Vale da Pedra têm ∅ 1000 e ∅ 1250 mm e transportam a água da EE equipada com 6 grupos mais um de reserva de modo a perfazer a capacidade nominal da instalação (240 000 m^3/dia).

Figura 2-4–Mastros Oscilantes de Captação em Valada Tejo [Arquivo de imagens EPAL, 2006]

O volume de água aqui captado, após ser tratado na ETA de Vale da Pedra, é entregue ao Aqueduto Tejo Montante.

A captação subterrânea da Ota e a captação subterrânea de Alenquer pertencem ao mesmo aquífero Ota-Alenquer.

A captação da Ota é constituída por três furos com profundidades de 32,65 m, 36,60 m e 120,00 m. A sua capacidade nominal de produção situa-se nos 28 000 m³/dia, sendo que a produção em situação normal situa-se nos 18 000 m^3/dia. Deste volume cerca de 17000m^3/dia são lançados no Aqueduto Alviela e o restante serve o abastecimento local de Ota.

A captação de Alenquer é constituída por quatro furos, sendo um dos furos utilizado apenas para reposição dos caudais do Rio de Alenquer especialmente em época de Verão. Os furos têm profundidades entre os 26,50 m e os 60,00 m. A capacidade nominal de produção é de 44 000 m³/dia, situando-se a capacidade para uma situação normal, nos 22000 m³/dia (Verão) e 7 000 m^3/dia (Inverno).

As captações subterrâneas das Lezírias estão situadas na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira e dividem-se em duas zonas distintas: Lezírias II e Lezírias III.

As captações das Lezírias são constituídas por sete recintos (Figura2–5)em que cada recinto tem um par de furos que exploram aquíferos distintos. Nas Lezírias II (10 furos), os furos de menor profundidade variam entre os 230 e os 260 m e os de maior profundidade entre os 435 e os 454 m, enquanto nas Lezírias III (4 furos), os de menor profundidade variam entre os 336 e 350 m e os mais profundos entre 656 e 660 m.

A capacidade média de produção é da ordem dos 70 000 m³/dia, situação que ocorre esporadicamente a par de alguma ocorrência de manutenção noutro local de produção. A qualidade da água é o principal facto pelo qual esta captação mantém-se em níveis mínimos de produção, cerca de 11 000 m³/dia a 15 000 m³/dia consoante a opção de 2 ou 3 grupos eletrobomba em funcionamento.

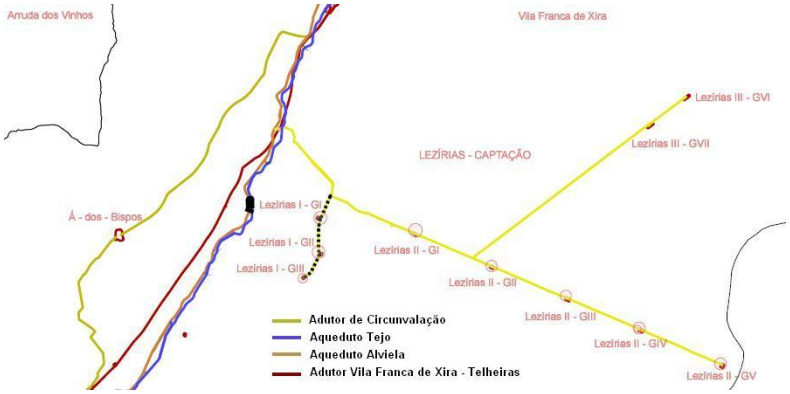


Figura 2-5– Esquema representativo da localização da captação das Lezírias [imagem do próprio]

2.3.2. REDE DE ADUÇÃO

2.3.2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

A Rede de Adução é constituída por 31 Estações Elevatórias, 28 Reservatórios, cerca de 710 km de comprimento de Condutas entre os cinco adutores e abastece 128 pontos de entrega no seu percurso [Relatório de Sustentabilidade, 2011].

Todo este Sistema de Produção e Transporte (Figura 2–6)pode ser dividido pelos Subsistemas referentes a cada Adutor que o constituí. Existem ligações entre os adutores que permitem efetuar transferências de caudal, criando redundância no transporte, uma mais-valia essencial para efeitos de exploração em situações que se afastam do regime normal de exploração (manutenções preventivas, reparações de condutas ou outros equipamentos, ..).

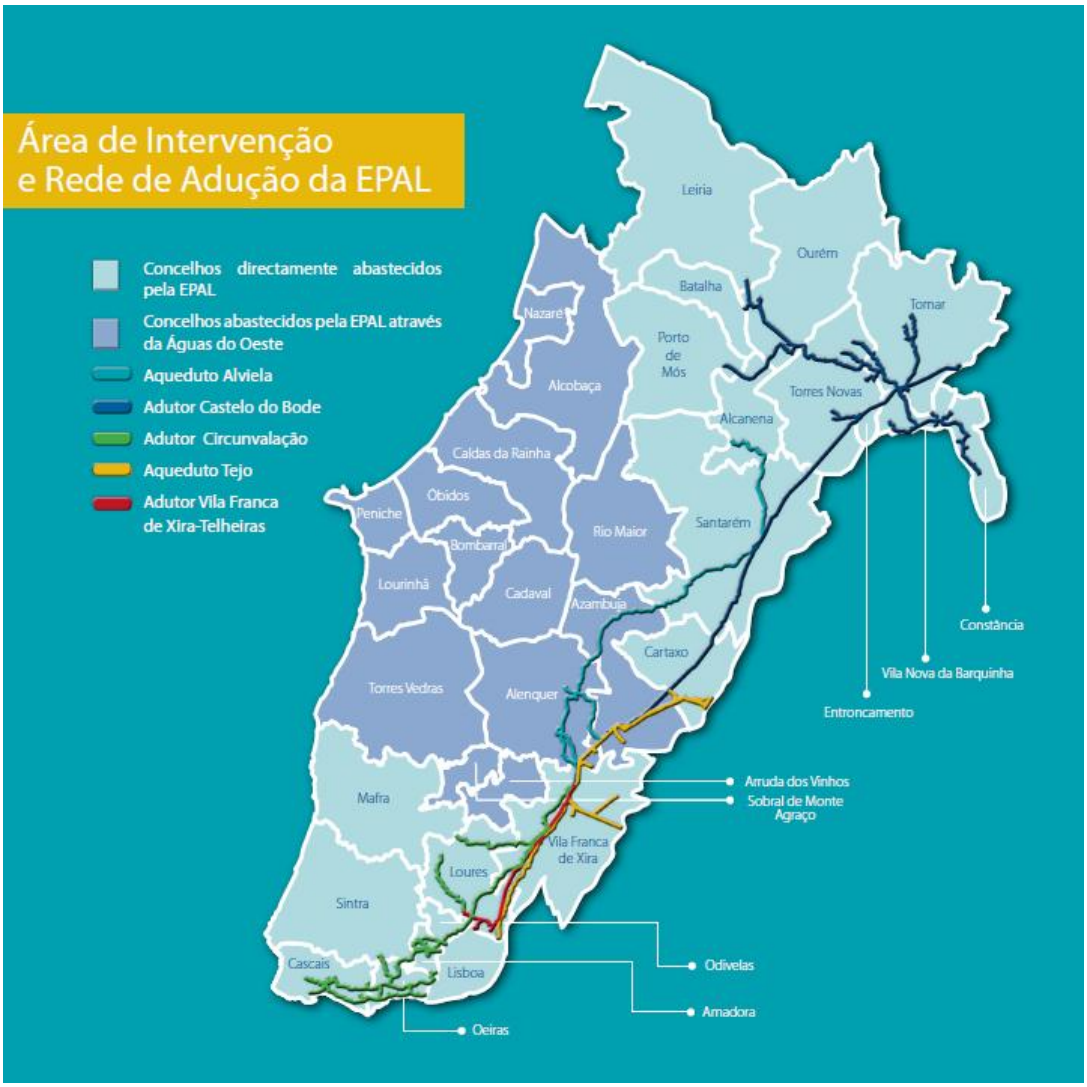


Figura 2-6 – Principais Adutores do Sistema de Abastecimento [EPAL e os Municípios, 2010]

2.3.2.2.SUBSISTEMA CASTELO DO BODE

O subsistema Castelo do Bode é constituído pelo Adutor Castelo do Bode e pelo subsistema do Médio Tejo.

O Adutor Castelo do Bode(Figura 2–7)entrou em funcionamento em Junho de 1987 transportando a água captada na albufeira de Castelo do Bode e tratada na Fábrica de Água da Asseiceira, desenvolvendo-se a conduta ao longo de cerca de 89 km. Este é constituído por três troços distintos: O troço inicial que engloba o túnel do Castelo do Bode e a conduta elevatória para a ETA da Asseiceira. O troço intermédio que transporta por via gravítica a água da ETA até à Várzea das Chaminés com cerca de 67,8 km dividido em duas partes (33,0km + 34,8 km) com a divisão a ser feita em Alcanhões, Santarém. O troço final desenvolve-se entre a Várzea das Chaminés e a Estação Elevatória de Vila Franca de Xira, com cerca de 11,8 km.

O troço inicial encontra-se dividido em 2 lanços sendo o primeiro respeitante ao túnel que liga a Torre de Captação à cota 50 m até à Estação Elevatória com cota 41,59 m com um diâmetro interior de 3000 mm e comprimento de 1018 m. O segundo lanço é composto por duas condutas elevatórias que se desenvolvem em paralelo até à Fábrica de Água da Asseiceira ao longo de 8700 m. Tanto a primeira conduta - Linha 1 como a segunda conduta – Linha 2, têm cada uma capacidade de transporte de 500 000 m³/dia com diâmetro interior de 1800 mm.

O troço intermédio transporta graviticamente a água da ETA da Asseiceira à cota de soleira de 114,30m até à câmara de chegada da Várzea das Chaminés à cota de soleira de 27,10 m, e é na maior parte da sua extensão constituído por duas condutas em paralelo – Linha 1 e Linha 2. A Linha 1, com um diâmetro interior de 1800 mm, tem um comprimento de cerca de 67,8 km (excluindo duplicações), enquanto o diâmetro interior da Linha 2 varia entre os 1800 mm e os 1600 mm em pequenos troços em zonas inundáveis. Os caudais de dimensionamento aduzidos pelo adutor Castelo do Bode variam entre os 375 000 m³/dia (linha 1) e os 625 000 m³/dia com utilização simultânea das duplicações (2 linhas em paralelo em regime gravítico), cada uma com um diâmetro constante de diâmetro 1800 mm. Este troço encontra-se dividido aos 33 km pelos reservatórios de Alcanhões que funcionam também como câmara de perda de carga para dissipação de energia no atual regime de exploração.

O troço final, com cerca de 11,8 km e desenvolvimento paralelo ao Aqueduto Tejo tem origem na Várzea das Chaminés e acaba na Estação Elevatória de Vila Franca de Xira, dando continuidade ao troço intermédio. Este troço do Adutor está ligado ao Aqueduto Tejo em 3 pontos, na Várzea das Chaminés (através de um sistema de comportas), em Vila Nova da

Rainha e Qtª da Marquesa através de um sistema de válvulas. Neste troço final os diâmetros variam entre os 1800 mm e os 2500 mm.

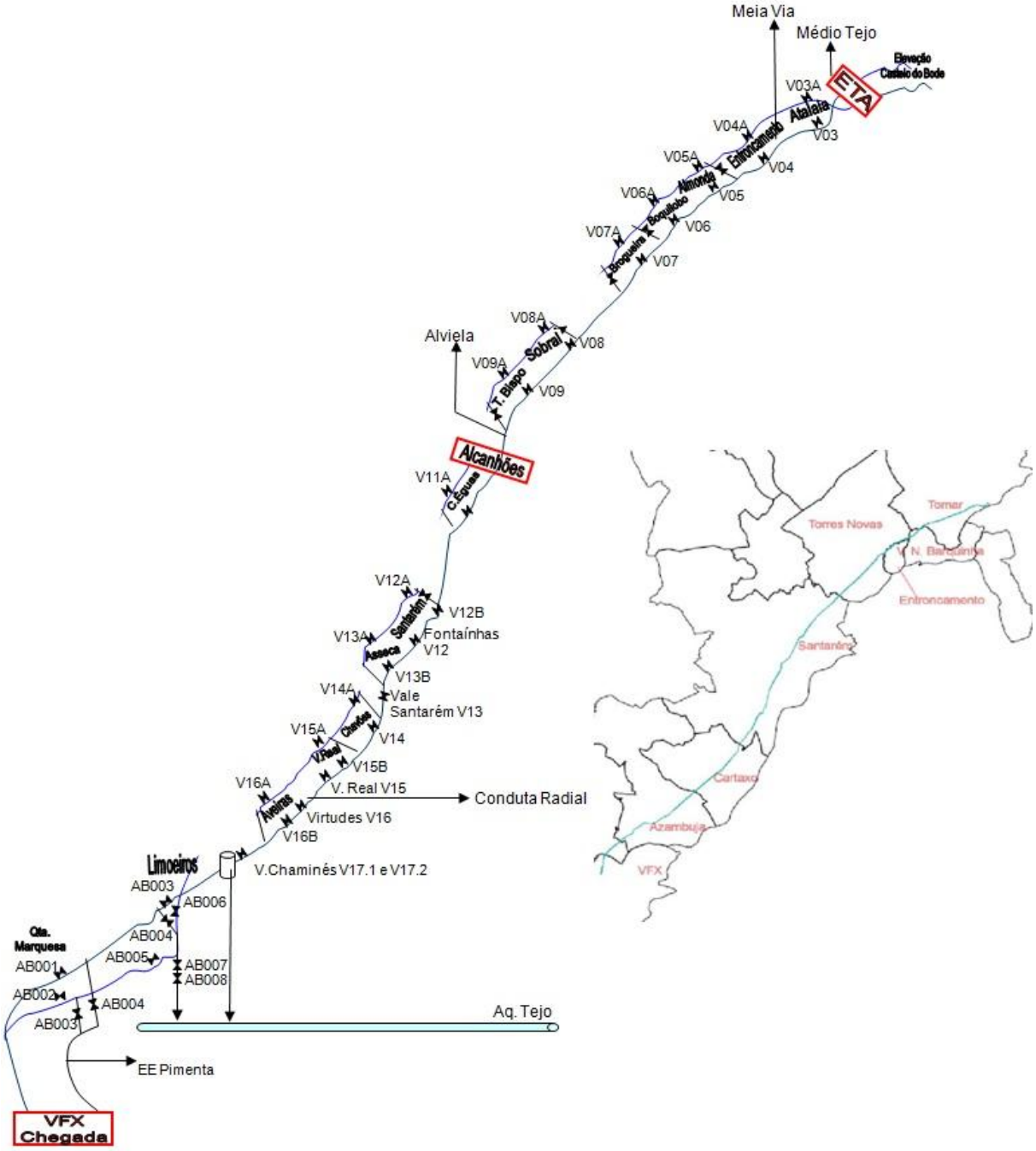


Figura 2-7 – Esquema representativo do percurso efetuado pelo Adutor de Castelo de Bode [imagem do próprio]

O subsistema do Médio Tejo, que se inicia também nas cisternas de água tratada da Fábrica da Asseiceira, pertence ao subsistema de Castelo do Bode, abastecendo as áreas do Médio Tejo Norte, Médio Tejo Sul e Meia Via / Entroncamento – Torres Novas.

2.3.2.3.SUBSISTEMA TEJO

O subsistema Tejo compreende o Aqueduto Tejo desde a Várzea das Chaminés até ao Reservatório dos Olivais incluindo os subsistemas adjacentes das Lezírias II e III.

O Aqueduto Tejo é constituído por uma conduta circular (DN2 500 mm), desde o seu ponto inicial na Várzea das Chaminés à cota de soleira 29,11 m até à chegada a Lisboa à cota de 18,65 m (sifão I, casa de água de jusante) numa extensão total de 42 km.Em regime gravítico, sem o reforço da EE de Verdelha, tem uma capacidade de 350 000 m^3/dia, desde de que com a carga do adutor de Castelo de Bode.

O Aqueduto comporta um total de 11 sifões localizando-se o de maior extensão em Vila Nova da Rainha (sifão XI).Este aqueduto além de ser uma das principais entradas de água em Lisboa possui ainda importantes abastecimentos de percurso, particularmente para os municípios de Azambuja, VFXira e Loures.

Ao longo do seu trajeto para Lisboa o Aqueduto Tejo pode receber águas do Adutor do Castelo de Bode, da ETA de Vale da Pedra e dos poços de Alenquer e Lezírias ou mesmo Ota através de interligações no seu percurso.Possui também ligações com o Adutor de C. Bode na Várzea das Chaminés, em Vila Nova da Rainha, a montante do Sifão XI e no Carregado. Com o Aqueduto Alviela são possíveis permutas a montante do Sifão X, em Alhandra, Verdelha I e na EE dos Olivais.

2.3.2.4.SUBSISTEMA ALVIELA

O subsistema Alviela é constituído pelo Aqueduto Alviela que se desenvolve desde a captação dos Olhos de Água em Alcanena, até ao reservatório dos Barbadinhos. Actualmente, o abastecimento ao aqueduto inicia-se com a transferência de cerca de 48 000 m^3/dia em Alcanhões proveniente do Adutor Castelo de Bode, uma vez que as Nascentes de Olhos de Água já não contribuem para o volume aduzido.

Apresenta uma extensão de aproximadamente 114 km e um desnível de apenas 22,67 m em todo o seu percurso.Ao longo do seu trajeto o Aqueduto pode receber águas provenientes dos furos da Ota, Alenquer e Lezírias ou ainda através das transferências das estações elevatórias da Pimenta, Alhandra, Verdelha I e Olivais.

Abastece aglomerados populacionais tendo assim uma função importantíssima não só como adutor mas como conduta distribuidora.

2.3.2.5. SUBSISTEMA CIRCUNVALAÇÃO

O Adutor Circunvalação é o mais recente dos grandes adutores da EPAL, tendo começado oficialmente a funcionar em 2001. É composto pelo Adutor Circunvalação e pelo Subsistema Arcena-Mafra. Tem início na EE2 de Vila Franca de Xira e termina no Reservatório de Vila Fria, num total de aproximadamente 46 km de comprimento.

Com uma capacidade máxima de transporte de 410 000 m³/dia, a entrada em serviço deste adutor aumentou a capacidade de transporte a jusante do recinto de Vila Franca de Xira, permitindo o fornecimento direto dos volumes de água aos concelhos limítrofes de Lisboa, melhorando assim as condições de abastecimento destes concelhos.

2.3.2.6. SUBSISTEMA VILA FRANCA DE XIRA- TELHEIRAS

O subsistema Vila Franca de Xira – Telheiras é constituído pelo Adutor Vila Franca de Xira – Telheiras que liga a EE1 de VFXira ao reservatório de Telheiras com uma capacidade de transporte até 240 000 m^3/dia, constitui a segunda entrada de água na cidade a seguir ao Aqueduto Tejo.

O adutor de VFXira-Telheiras é pois uma conduta elevatória que logo no início está sujeita a uma pressão de 14,5 bar apresentando um comprimento total de 32 970 m, em que uma parte final já está inserida na rede de distribuição de Lisboa a partir da Av. De Berlim onde interliga com a conduta elevatória dos Olivais.

A possibilidade de interligações diversas, tanto com o Adutor Circunvalação, como com a própria rede de distribuição de Lisboa, permitem-lhe uma elevada versatilidade.

2.3.2.7. SUBSISTEMA DE SINTRA – RESERVATÓRIO ALTO CARENQUE

Este Subsistema inclui, para o abastecimento ao reservatório Alto Carenque, a Conduta elevatória Amadora-Carenque que liga a EE Amadora e o reservatório Alto Carenque, e o Adutor Telheiras-Alto de Carenque que tem início na EE Telheiras, passa pela Pontinha e acaba no reservatório Alto Carenque.

Para jusante, no troço de entrega ao município de Sintra, existem as condutas Alto de Carenque-Pendão e Alto de Carenque-Mercês que estão ligadas ao reservatório e dependem deste. Existe também uma opção de abastecimento mais recente que surgiu após o funcionamento do Adutor de Circunvalação, que abastece a Estação Elevatória já a cargo da entidade gestora SMAS de Sintra.

2.3.3. REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A rede de distribuição desenvolve-se ao longo de cerca de 1.430 km num total de 83.555 ramais de ligação instalados. É constituída por 10 estações elevatórias e 14 reservatórios, abrangendo uma área de 83 km² e uma população residente de 564 000 habitantes.

É abastecida pela Rede de Adução, descrita anteriormente, e abastece cerca de 344 mil clientes de forma direta sendo que opera numa capacidade de armazenamento de 429 000 m³ de água [www.epal.pt].

O sistema de abastecimento da rede de distribuição em Lisboa é pressurizado com reservatórios de extremidade, de modo a garantir uma pressão de 30 a 60 m.c.a. na soleira dos edifícios. A garantia de pressão é uma constante uma vez que quando a elevação é insuficiente, o abastecimento é compensado pelo reservatório de extremidade e quando a elevação é demasiada, o excesso é depositado no reservatório de extremidade como está esquematizado na Figura 2–8.

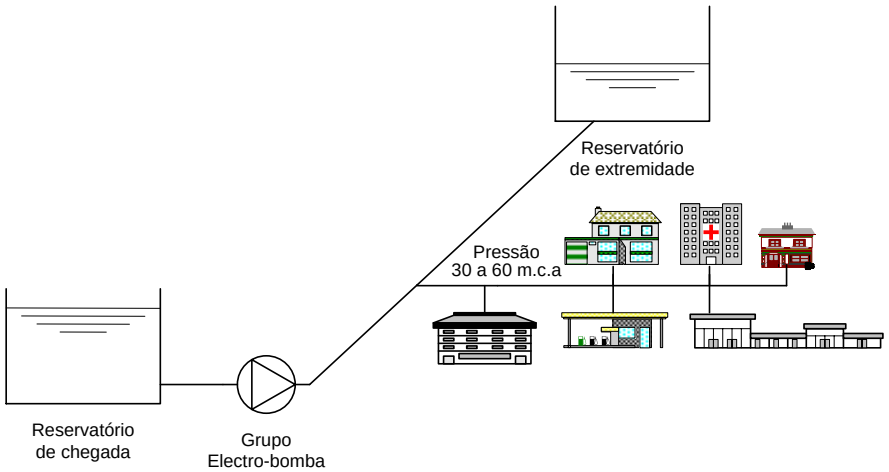


Figura 2-8 – Garantia de Pressão no Sistema de Abastecimento em Lisboa (Plano de Segurança da Água, EPAL, 2011)

Dado que a cidade de Lisboa apresenta um relevo bastante acidentado, a rede de distribuição de água está dividida em 5 zonas de abastecimento distintas, designadas por zonas altimétricas, cujo objetivo é a garantia da pressão adequada entre 60 e 30 m.c.a. na soleira dos edifícios. Na Figura 2–9 poder-se-ão observar os diferentes patamares altimétricos da cidade (Manual de Exploração Lisboa, EPAL 2011).

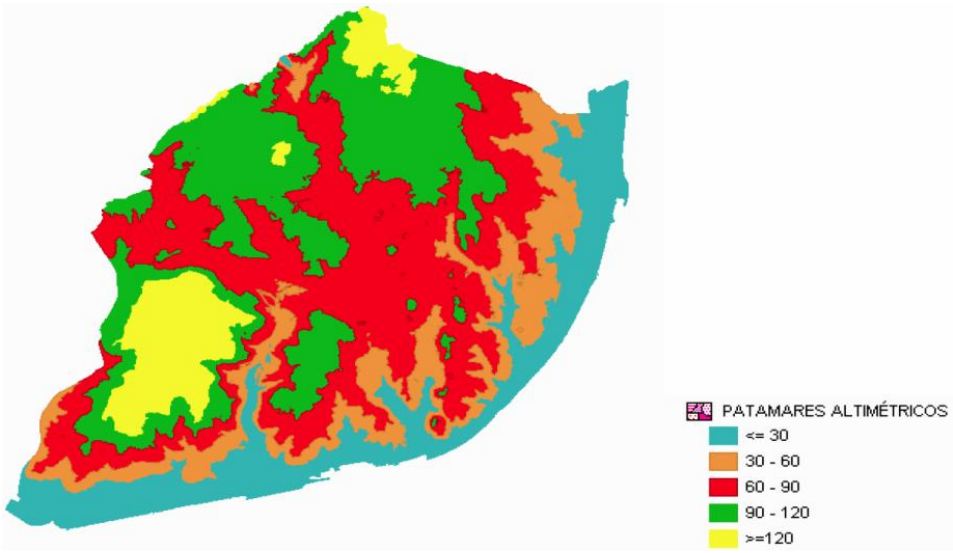


Figura 2-9– Patamares Altimétricos da cidade de Lisboa (Arquivo de imagens EPAL, 2011)

Assim, as zonas altimétricas consideradas em Lisboa são as seguintes:

- Zona Baixa: garante o abastecimento desde o nível do rio Tejo até à cota de 30 m;
- Zona Média: garante o abastecimento entre as cotas de 30 e 60 m;
- Zona Alta: garante o abastecimento entre as cotas de 60 e 90 m;
- Zona Superior de Monsanto: garante o abastecimento em cotas superiores a 90 m;
- Zona Superior da Charneca: garante o abastecimento em cotas superiores a 90 m.

A zona baixa prolonga-se entre o passeio ribeirinho de Algés e abastece todos os ramais até uma cota aproximada de 30 m, encontrando-se os reservatórios desta zona à cota aproximada de 60 m.

Figura 2-10– Exterior da Estação Elevatória no Recinto dos Barbadinhos [Arquivo de imagens EPAL, 2000]

As restantes zonas apresentam o mesmo desenvolvimento em patamares de cerca de 30 m de altura.

No último patamar encontra-se a zona superior de Monsanto a uma cota máxima de 140 m, situando-se o respetivo reservatário de extremidade no Parque Natural de Monsanto na cota de 171 m. Na Figura 2–11 está patente o diagrama altimétrico da rede de distribuição de Lisboa.

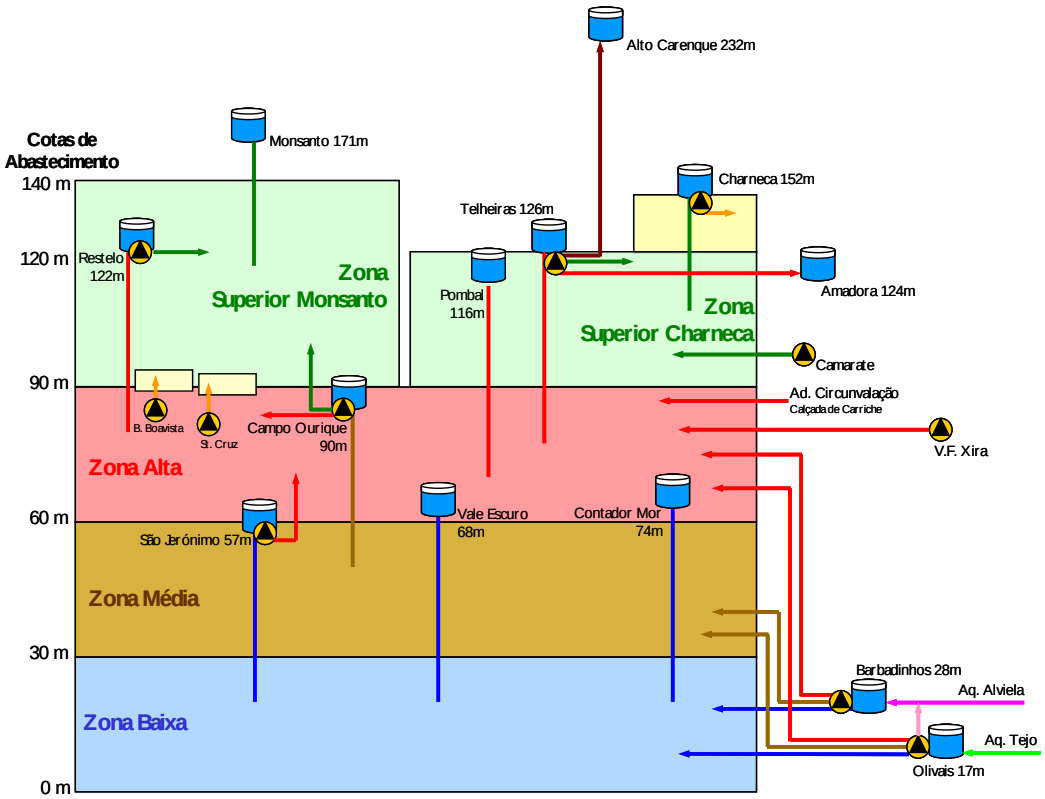


Figura 2-11 – Diagrama Altimétrico da Rede de Distribuição de Lisboa (Arquivo de imagens EPAL, 2011)

2.4. SISTEMA DE TELEGESTÃO

O sistema de abastecimento, no que se refere às operações de produção, transporte e distribuição de água, é gerido por um sistema de telegestão com elevado grau de automatização que centraliza a operação e o controlo, em tempo real, de mais de 170 instalações, desde estações elevatórias a estações de tratamento, reservatórios e válvulas.

A telegestão permite, em tempo real, conhecer o estado do sistema de abastecimento, permitindo uma ação imediata para a resolução de eventuais problemas, garantindo-se a segurança da rede hidráulica através da implementação de automatismos que controlam e mantém os valores corretos de funcionamento. São também controladas as variáveis de qualidade e quantidade ideais para a exploração do sistema. Numa fase seguinte, são armazenados todos os dados em históricos, permitindo assim uma gestão estatística que visa a melhoria das condições técnicas e económicas de exploração, bem como indicações relativas aos equipamentos ou outras informações relevantes para o adequado planeamento e tomada de decisões visando a prevenção de situações futuras que possam comprometer o serviço prestado [http://users.isr.ist.utl.pt/~pjcro/courses/api0910/Sem_A5.pdf, consultado no dia 12 de Dezembro 2012].

O sistema de telegestão é designado, na terminologia anglo-saxónica, por SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) e é composto por diversos instrumentos essenciais à gestão eficaz de um sistema de abastecimento de água. É um sistema que permite o armazenamento de toda a informação da maior parte dos ativos operacionais da empresa.Este *software* permite centralizar, comandar e monitorizar todas as operações associadas à captação, tratamento, transporte e distribuição. Torna-se então possível conhecer, em tempo real, o estado da rede hidráulica de modo a encontrar alternativas imediatas face a eventuais constrangimentos que possam surgir, garantindo assim a qualidade do serviço.

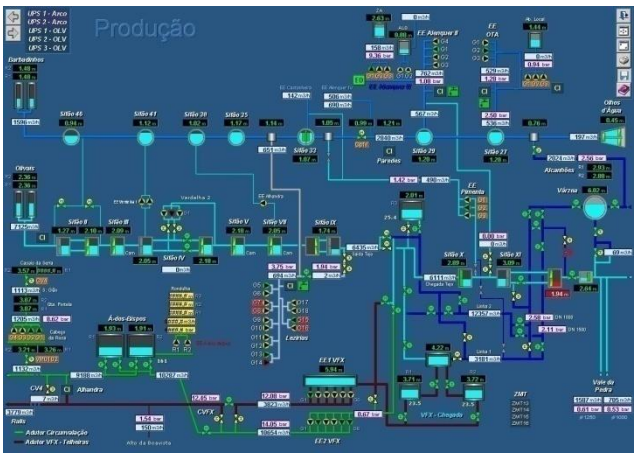


Figura 2-12–Sinótico da Rede de Adução retirado do sistema SCADA [Arquivo de imagens EPAL, 2013]

O sistema de abastecimento e respetivas instalações e órgãos de manobra podem ser visualizados através de sinóticos como o da Figura 2–12. Através deles é possível visualizar uma determinada área e verificar o comportamento existente na malha, quer ao nível dos órgãos de manobra, quer ao nível de volumes transportados, qualidade da água ou mesmo das condições e abastecimento.

Esta ferramenta permite ainda o armazenamento de dados de modo a permitir uma análise posterior de causas de eventuais problemas, de modo a possibilitar a prevenção de situações futuras.

O sistema de telegestão permite ainda a consulta de relatórios ou a pesquisa de gráficos de tendência, de acordo com os objetivos da análise. Os relatórios gerados pelo sistema de Telegestão permitem análises para os mais distintos horizontes, onde podem ser verificados valores de caudais, pressões, etc. horários assim como uma análise macro de produção e consumos anuais.

São muitas as vantagens da sua utilização, pois garante segurança na exploração da rede, dado que o operador é avisado da ocorrência de possíveis anomalias – níveis dos reservatórios muito altos ou baixos, faltas de pressão, faltas de energia elétrica, avarias nos grupos de bombagem. Permite o conhecimento em tempo real do funcionamento das instalações, o comando à distância de grupos de bombagem e de válvulas possibilitando uma melhor e mais eficiente gestão da energia elétrica de todas as instalações de bombagem e tratamento.

O sistema de abastecimento da EPAL é gerido por quatro Centros de Comando:Estação de Tratamento de Água da Asseiceira, Médio Tejo e Estação de Tratamento de Água de Vale da Pedra onde são controladas as operações das estações de tratamento e de distribuição em alta aos municípios do Médio Tejo. O quarto Centro de Comando e com maior área operacional situa-se nos Olivais onde são controladas as operações de produção transporte e distribuição em alta aos municípios e a distribuição à cidade de Lisboa.

2.5. ABASTECIMENTO AO RESERVATÓRIO ALTO CARENQUE

Na Figura 2-13 está representado o esquema geral do circuito em estudo, onde estão presentes as estações elevatórias 1 e 2 de Vila Franca de Xira, o Adutor Circunvalação, os reservatórios e estações elevatórias de Telheiras e Amadora e por fim o reservatório de Alto Carenque e os pontos de consumo agregados ao mesmo.

Esquema geral do circuito:

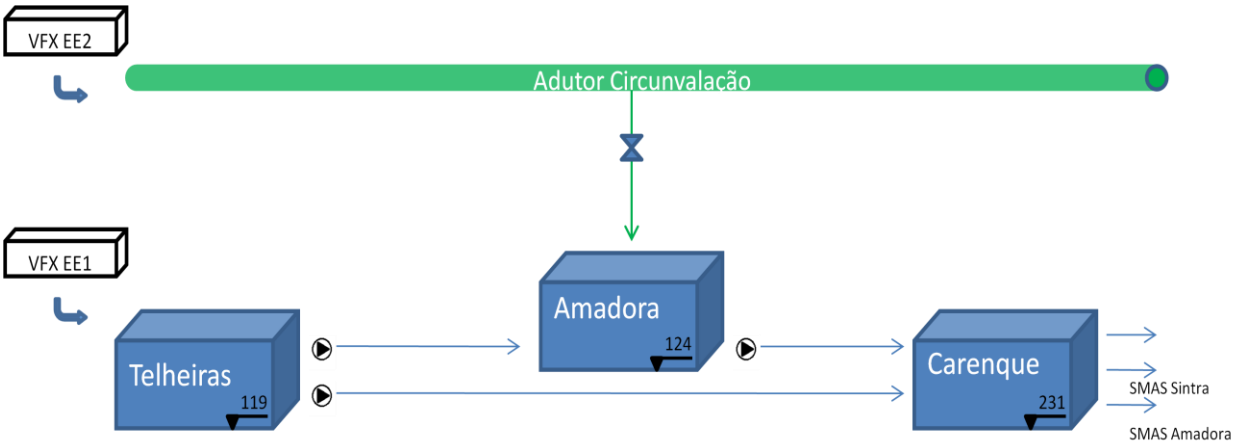


Figura 2-13 – Esquema geral do circuito em estudo

Considera-se para o efeito do presente estudo que a origem deste circuito são as estações elevatórias de Vila Franca de Xira. Os reservatórios de Telheiras e Amadora consideram-se, assim como o Adutor de Circunvalação, como meios ou infraestruturas intermediárias no abastecimento ao reservatório Alto Carenque. Também como instalações intermediárias, estão presentes as estações elevatórias de Telheiras-Amadora, Telheiras-Alto Carenque e Amadora-Alto Carenque. O reservatório de Alto Carenque e os consumos inerentes ao mesmo representam a finalidade de todo este processo de adução.A representação deste circuito no sistema de Telegestão da entidade gestora EPAL está presente na Figura 2-14.

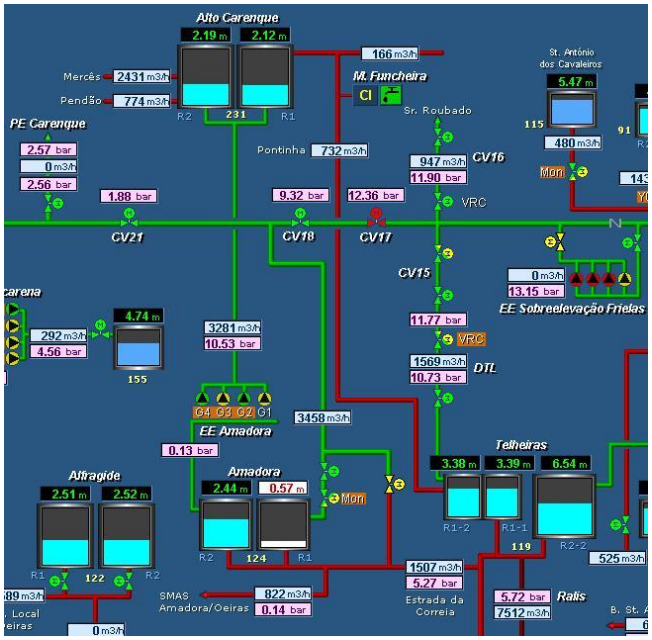


Figura 2-14–Excerto do Sinótico da Rede de Adução retirado do sistema SCADA [Arquivo de imagens EPAL, 2013]

2.5.1. RESERVATÓRIO DA AMADORA

Este reservatório localiza-se na cidade da Amadora e é abastecido pela Conduta Telheiras/Amadora e pelo Adutor de Circunvalação. A elevação feita a partir deste reservatório é única e exclusivamente para o reservatório de Alto Carenque.

Infraestrutura em betão armado, enterrado, é constituído por 2 compartimentos como se apresenta na Figura 2–15, cada um com um volume total de 8000 m^3, com uma altura máxima de exploração de 4,00m e situa-se a uma cota de 124m.

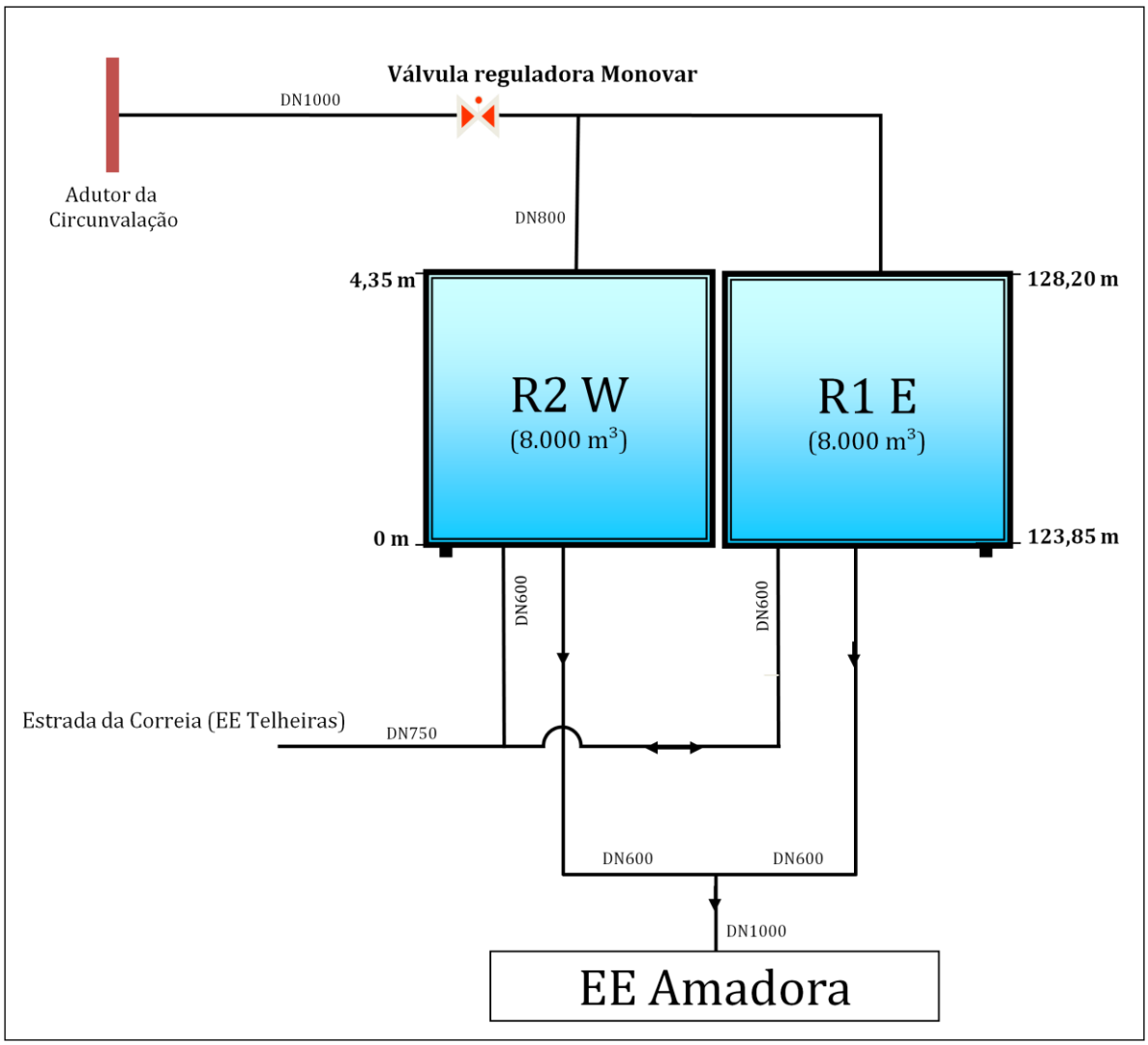


Figura 2-15 – Esquema representativo do sistema hidráulico do reservatório da Amadora

2.5.2. RESERVATÓRIO DE ALTO CARENQUE

Este reservatório localiza-se no Alto de Carenque e é abastecido pela Conduta Telheiras/Alto Carenque e pela Estação Elevatória da Amadora como está representado na Figura 2–16.

Infraestrutura em betão armado, enterrado, é constituído por 2 compartimentos, cada um com um volume total de cerca de 14000 m^3, com uma altura máxima de exploração de 6,00m e situa-se a uma cota de 232m.

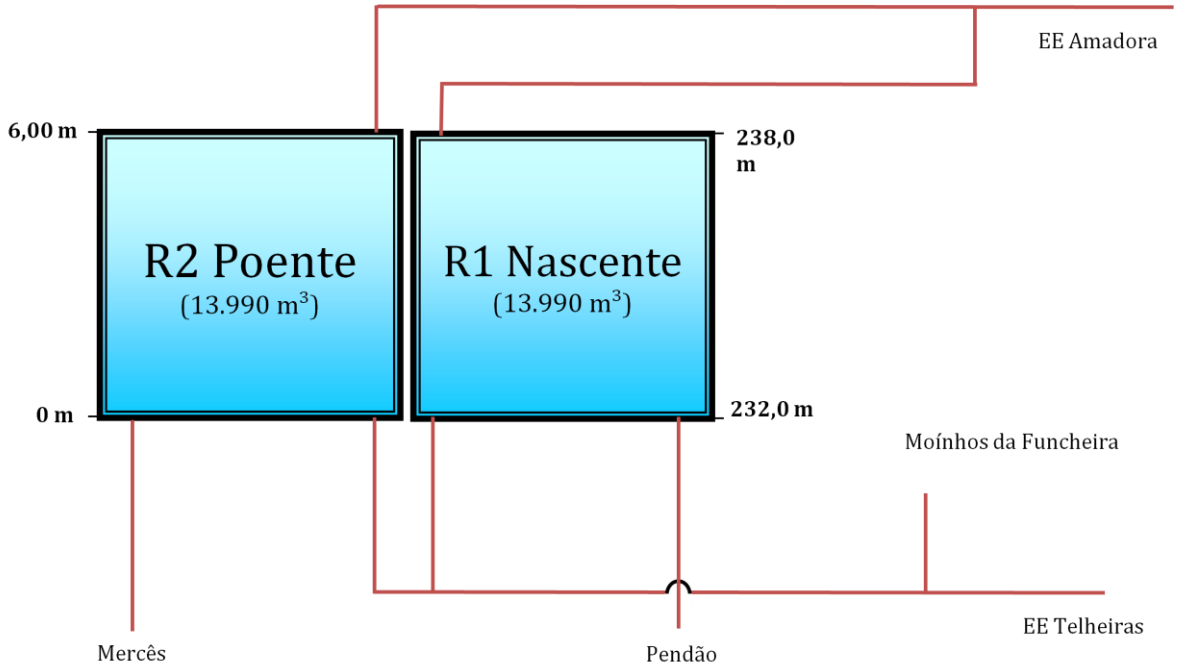


Figura 2-16 – Esquema representativo do sistema hidráulico do reservatório da Amadora

3. DADOS DE BASE

3.1. EVOLUÇÃO NOS CONSUMOS

3.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em qualquer plano de abastecimento ou estudo sobre fornecimento, a primeira preocupação prende-se com a avaliação das necessidades existentes. Neste trabalho trata-se do consumo que é feito tanto no final do circuito (reservatório Alto Carenque) como ao longo do mesmo (Ligação Telheiras-Amadora). De referir que o sistema da Epal evoluiu de forma progressiva entre o fornecimento de água apenas à cidade de Lisboa e o sistema implementado atualmente, que consiste num sistema regional fornecendo total ou parcialmente vários municípios. Neste caso de estudo em particular temos os dois tipos de consumo envolvidos, o consumo referente a uma zona da cidade de Lisboa e um consumo referente a diferentes concelhos limítrofes.

Na avaliação das necessidades de abastecimento utilizam-se métodos de projeção demográfica, prevendo a taxa de crescimento da população com base em dados estatísticos. Estes métodos podem consistir numa análise do crescimento populacional segundo uma progressão aritmética, progressão geométrica, lei de crescimento retardado ou pelo método das componentes demográficas. Estes estudos sobre evolução demográfica são fundamentais para as entidades gestoras, na elaboração de um projeto que inclui construção de novas infraestruturas e redes de abastecimento capazes de dar resposta pelos anos de vida útil a que são propostas. Uma vez que a responsabilidade da EPAL, nesta situação, baseia-se em colmatar as necessidades de volume de água da entidade gestora e não do consumidor final, os métodos acima referidos deixam de fazer sentido, sendo muito mais importante perceber de facto o consumo global do reservatório. Por esta razão e por estarem disponíveis para consulta os dados reais, também não foram estudados os registos de aglomerado populacional servido pelo reservatório em questão, nem a sua evolução no tempo. A elaboração de estudos de sistemas de distribuição de água , de acordo com o Dec. Regulamentar 23/95 Artigo 12º, deve basear-se no conhecimento dos consumos quando existam esses dados, como é o caso em que foram obtidos a partir dos registos dos serviços de exploração do sistema existente. A entidade gestora SMAS de Sintra é autónoma na gestão do processo de exploração, tendo ao seu dispor várias alternativas para abastecimento, sendo uma delas o volume presente no reservatório Alto Carenque, logo os dados relativos ao consumo per capita teriam uma componente informativa mas não decisiva na elaboração deste trabalho.

O modelo de simulação utilizado para este trabalho foi criado com base no historial de consumos, registados pela empresa responsável pelo abastecimento ao reservatório de Alto Carenque, a EPAL, assim como previsto no Artigo 10º do Capítulo II – Elementos de base para dimensionamento do Dec. Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto. No caso de

otimização do regime de exploração no reservatório de Carenque, e dado que este está sujeito a um consumo por parte dos SMAS de Sintra e SMAS Amadora, foram tidos em conta registos que datam de 2008 a 2011, sendo que foram tratados mais em pormenor os dados relativos ao ano de 2011. Aos dados de 2011 juntam-se também os registos de consumo referentes à ligação Telheiras-Amadora. Todos estes valores representam uma situação real de consumo e estão inseridos no modelo de simulação utilizado, aplicando o fator de necessidade a cada hora, com condicionantes como o tipo de dia (dia de semana, sábado ou domingo) e a época (Verão ou Inverno).

3.1.2. ANÁLISE DE CONSUMO DO RESERVATÓRIO DE ALTO CARENQUE DE 2008 A 2011

3.1.2.1. METODOLOGIA

Segundo Lencastre (2003, p.76-77), ao fazer-se uma análise à evolução dos consumos de água durante um período longo, verificam-se os seguintes ciclos de consumo:

- Ciclo Anual – onde se destaca a grande variação entre Verão e Inverno;

- Ciclo Mensal – apresenta variações consideráveis em início de época;

- Ciclo Semanal – onde é notório a diferença entre dia de semana e fim de semana;

- Ciclo Diário – verificam-se períodos pontuais de maior devido ao quotidiano.

No decorrer desta análise, serão definidos alguns consumos característicos de cada ano, assim como os fatores de ponta que os relacionam. Servirão como ferramenta de comparação entre cada ano, não para efeitos de dimensionamento mas por forma a compreender a variação entre cada ano e a sua grandeza. Os valores característicos calculados serão os seguintes:

-Consumo diário médio anual – corresponde ao valor que se obtém dividindo pelo número total de dias do ano;

- Consumo diário médio no mês de maior consumo – obtém-se dividindo o consumo no mês de maior consumo pelo número de dias do referido mês;

- Consumo diário máximo – igual ao maior consumo diário do ano;

- Consumo horário máximo – igual ao consumo horário máximo do dia de maior consumo.

A par destes cálculos serão apresentados os seguintes fatores de ponta (Lencastre, 2003):

-Fator de Ponta Mensal

$$Fm = \frac{Consumodiáriomédionomêsdemaiorconsumo}{Consumodiáriomédio}$$

[3.1]

-Fator de Ponta Diário

$$Fd = \frac{Consumodiáriomáximo}{Consumodiáriomédio}$$

[3.2]

Pelo Artigo 19º descrito no Capítulo II do Dec. Regulamentar 23/95, os fatores de ponta podem ser calculados através de fórmula, também presente no mesmo documento, quando não existam elementos que permitam o seu cálculo de forma direta.

3.1.2.2.CONSUMOS -ANO DE 2008

Quadro 3-1 – Consumos Totais e Médios do reservatório Alto Carenque em 2008

	ALTO de CARENQUE			
	Pendão	*Mercês*	*M.Funcheira*	*Total de Consumo*
MESES	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**
Janeiro	621560	1691690	230570	2543820
Fevereiro	686380	1606130	217040	2509550
Março	742860	1735110	232870	2710840
Abril	706440	1713280	240970	2660690
Maio	745950	1800410	243670	2790030
Junho	799120	1937970	279280	3016370
Julho	894060	2150450	292770	3337280
Agosto	695030	1950370	277230	2922630
Setembro	502750	1738600	272410	2513760
Outubro	490650	1692810	260210	2443670
Novembro	458320	1547940	244720	2250980
Dezembro	447740	1531450	237080	2216270
			Consumo diário médio para 2008 =	87202
			Consumo diário médio para Julho =	107654

De referir que o Consumo diário médio para 2008 corresponde à divisão da soma dos consumos totais de cada mês pelo número de dias do ano, 366 pois trata-se de um ano bissexto.

Com estes dados pode calcular-se o Fator de Ponta Mensal:

$$Fm = \frac{107654}{87202} = 1{,}235$$

[3.3]

Quadro 3-2 – Consumo diário máximo registado em 2008

	2008
Dia de maior consumo	116170 m^3 16 Julho - 4ª feira

Assim, é possível determinar o Fator de Ponta Diário:

$$Fd = \frac{116170}{87202} = 1{,}332$$

[3.4]

3.1.2.3. CONSUMOS -ANO DE 2009

Quadro 3-3 – Consumos Totais e Médios do reservatório Alto Carenque em 2009

	ALTO de CARENQUE			
	Pendão	***Mercês***	***M.Funcheira***	***Total de Consumo***
MESES	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**
Janeiro	394260	1558790	228370	2181420
Fevereiro	384370	1397320	205100	1986790
Março	452220	1640910	245610	2338740
Abril	621030	1687560	247510	2556100
Maio	770090	1885570	274100	2929760
Junho	791260	1882430	277760	2951450
Julho	1000080	2064610	269330	3334020
Agosto	988860	1995190	262320	3246370
Setembro	911380	1851680	259340	3022400
Outubro	954290	1921810	241260	3117360
Novembro	828230	1702180	208490	2738900
Dezembro	812730	1719000	211120	2742850
	Consumo diário médio para 2009 =			90811
	Consumo diário médio para Julho =			107549

Com estes dados pode calcular-se o Fator de Ponta Mensal:

$$Fm = \frac{107549}{90811} = 1{,}184$$

[3.5]

Quadro 3-4 – Consumo diário máximo registado em 2009

	2009
Dia de maior consumo	126900 m^3 11 Setembro - 6ª feira

O valor de consumo diário máximo, pode ser influenciado por manobras de aumento de reserva de modo a colmatar períodos de suspensão no abastecimento.

Em 2009 dá-se o caso de existirem trabalhos de manutenção por parte dos SMAS de Sintra na Conduta DN1000 para Mercês, entre os dias 9 e 10 de Setembro, fazendo com que aumente o consumo dia 11 para recuperação da reserva utilizada no referido período. Uma suspensão no abastecimento por motivos de manutenção é considerado uma manobra de exploração passível de acontecer a qualquer momento, devendo ser considerada para o efeito de estudo de consumos.

Calcula-se assim o Fator de Ponta Diário:

$$Fd = \frac{126900}{90811} = 1{,}397 \qquad [3.6]$$

3.1.2.4. CONSUMOS -ANO DE 2010

Quadro 3-5 – Consumos Totais e Médios do reservatório Alto Carenque em 2010

	ALTO de CARENQUE			
	Pendão	*Mercês*	*M.Funcheira*	*Total de Consumo*
MESES	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**
Janeiro	829730	1693880	213730	2737340
Fevereiro	717530	1504630	188970	2411130
Março	825620	1722550	210180	2758350
Abril	834040	1733180	219270	2786490
Maio	913210	1897670	245430	3056310
Junho	924910	1922750	189840	3037500
Julho	1027240	2142020	209030	3378290
Agosto	996150	2074940	205460	3276550
Setembro	949790	2013140	255240	3218170
Outubro	894770	1740550	255290	2890610
Novembro	752100	1608050	252000	2612150
Dezembro	711260	1746080	232210	2689550
			Consumo diário médio para 2010 =	95486
			Consumo diário médio para Julho =	108977

Com estes dados pode calcular-se o Fator de Ponta Mensal:

$$Fm = \frac{108977}{95486} = 1{,}141 \qquad [3.7]$$

Quadro 3-6 – Consumo diário máximo registado em 2010

	2010
Dia de maior consumo	117430 m^3 4Agosto - 4ª feira

Como já referido, o valor de consumo diário máximo pode ser influenciado por manobras de aumento de reserva, de modo a colmatar períodos de suspensão no abastecimento.

Em 2010acontece novamente manutenção por parte dos SMAS de Sintra na Conduta DN1000 para Mercês, no dia 3 de Agosto, fazendo com que aumente o consumo dia 4 para recuperação da reserva utilizada no referido dia.

Calcula-se assim o Fator de Ponta Diário:

$$Fd = \frac{117430}{95486} = 1{,}230$$

[3.8]

3.1.2.5.CONSUMOS -ANO DE 2011

Quadro 3-7 – Consumos Totais e Médios do reservatório Alto Carenque em 2011

	ALTO de CARENQUE			
	Pendão	*Mercês*	*M.Funcheira*	*Total de Consumo*
MESES	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**	**[m3]**
Janeiro	677370	1787050	236040	2700460
Fevereiro	629930	1591820	212660	2434410
Março	722650	1712220	216630	2651500
Abril	802070	1691430	227750	2721250
Maio	863140	1830400	240340	2933880
Junho	827150	1834710	245600	2907460
Julho	902510	1996480	264970	3163960
Agosto	852840	1891290	260680	3004810
Setembro	842540	1829480	253650	2925670
Outubro	859840	1857490	253890	2971220
Novembro	709710	1534820	200630	2445160
Dezembro	732056	1600690	206428	2539174
			Consumo diário médio para 2011 =	91504
			Consumo diário médio para Julho =	102063

Com estes dados pode calcular-se o Fator de Ponta Mensal:

$$Fm = \frac{102063}{91504} = 1{,}115$$

[3.9]

Quadro 3-8 – Consumo diário máximo registado em 2011

	2011
Dia de maior consumo	112980 m^3 26 Agosto - 6ª feira

Em 2011 o consumo diário máximo surge na antecipação aos trabalhos de duplicação de linha no Adutor de Castelo de Bode por parte da EPAL. Mais uma vez o aumento do consumo deve-se ao aumento de reserva por forma a colmatar o volume consumido durante o período de trabalhos.

3.1.2.6. COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS CARACTERÍSTICOS E FATORES DE PONTA

Pela análise gráfica da Figura 3–1 apresentada tem-se que o valor de Consumo Diário Médio Anual, no espaço temporal em estudo que vai desde 2008 a 2011, apresenta uma variação máxima de 8,7% entre os anos de 2008 e 2010 respetivamente, sem que esta represente uma tendência ao longo do tempo.

Para o Consumo Diário Médio no Mês de Maior Consumo, que se verificou ser o mês de Julho em todos os anos analisados, verifica-se uma variação máxima de 6,3% numa diminuição de 2010 para 2011 mas sem tendência definida ao longo do período em estudo.

No Consumo Diário Máximo tem-se uma variação máxima de 11% entre os anos de 2009 e 2011, e apesar de traduzir uma exigência a nível de reservas, depende em grande parte de uma causa específica relacionada com Gestão de Exploração e Manutenção de Equipamentos e Infra Estruturas.

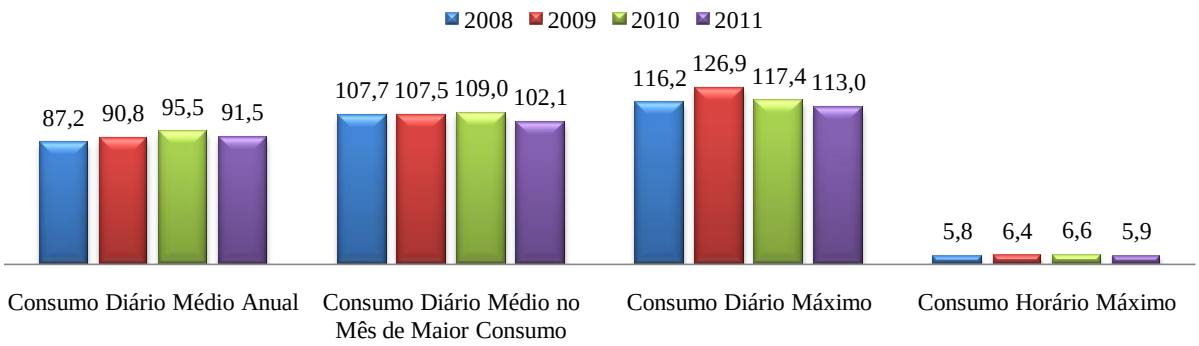


Figura 3-1 – Apreciação de Consumos Característicos (Valores em $10^3.m^3$)

É possível então concluir que as variações verificadas não são significativas em relação à grandeza dos volumes de Consumo.

Na análise aos Fatores de Ponta calculados verifica-se na Figura 3–2 mesma estabilidade de ano para ano, com particular atenção à tendência decrescente no Fator de Ponta Mensal, que representa uma proximidade entre Consumo Diário Médio Anual e Consumo Diário Médio no Mês de Maior Consumo, proporcionado tanto por aumento do primeiro como por diminuição do segundo.

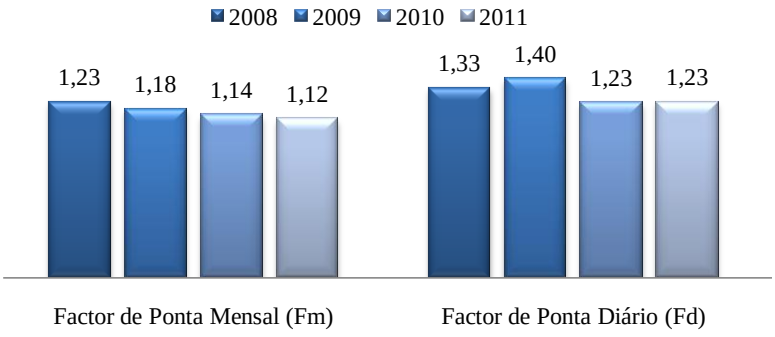


Figura 3-2 – Apreciação dosFatores de Ponta

É através desta amostra que se considera viável avançar para um modelo de simulação de exploração, com base em registos de consumo de anos transatos, uma vez que a margem de erro verificada em cada variável não compromete a gestão de volumes de abastecimento para o reservatório, pois representam uma variação menor que pode acontecer apenas num dia e corrigida com prontidão pelo Centro de Comando através do Sistema de Telegestão.

3.2. REGIME DE TARIFAS DE ENERGIA PELO CICLO HORÁRIO

As tarifas são constituídas por um conjunto de preços aplicáveis a diversas variáveis de faturação. A escolha e definição destas variáveis de faturação e das suas regras de medição devem permitir refletir o custo de fornecimento dos vários serviços, originados por cada cliente, tendo em consideração a tecnologia disponível em equipamentos de medida, bem como a simplicidade de faturação adequada à dimensão dos clientes, evitando custos de leitura e faturação superiores às economias que podem induzir.

As variáveis de faturação do atual sistema tarifário são: potência contratada, potência em horas de ponta, energia ativa, energia reativa e um termo tarifário fixo correspondente à contratação, leitura, faturação e cobrança.

Atendendo a que os custos de fornecimento de energia elétrica variam ao longo do dia, da semana e sazonalmente, as variáveis de faturação indicadas e em particular a energia ativa consumida, apresentam discriminação horária, diária e sazonal (Apolinário et al, 2006).

O ciclo horário corresponde à forma como o consumo de eletricidade se distribui ao longo das 24 horas e os 7 dias da semana onde se pode enquadrar como Ciclo horário Diário ou Ciclo horário Semanal.

Existem então dois ciclos distintos, Ciclo Diário e Ciclo Semanal. O primeiro caracteriza-se por uma definição (duração e localização) dos períodos horários igual para todos os dias da semana, não fazendo distinção entre os dias úteis e os finsdesemana, nem para períodos de Verão e Inverno. O Ciclo Semanal, o qual prevalece neste estudo e para as estações elevatórias em questão, caracteriza-se por uma definição dos períodos horários em três categorias – dias úteis, sábados e domingos. Inclui ainda a distinção dos dois períodos de Hora Legal (Verão e Inverno).

A distinção entre os períodos de Hora Legal de Verão e Inverno deve-se ao estipulado na publicação do Decreto-Lei no17/96, de 8 de Março, que estabelece que a hora legal em Portugal continental coincide com o Tempo Universal Coordenado (UTC) no período compreendido entre a 1 hora UTC do último domingo de Outubro e a 1 hora UTC do último domingo de Março seguinte (período de hora de Inverno) e coincide com o Tempo Universal Coordenado aumentado de 60 minutos, no período compreendido entre a 1 hora UTC do último domingo de Março e a 1 hora UTC do último domingo de Outubro seguinte (período de hora de Verão). É esta a atual hora legal do nosso País de acordo com a Comunicação da Comissão nos termos do artigo 4.o da Diretiva 2000/84/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, respeitante às disposições relativas à hora de Verão. É também esta disposição que influência os períodos de produção e consumo de energia.

Os períodos horários de entrega elétrica a clientes finais previstos nos Artigos 27.º e 34.º do Regulamento Tarifário são diferenciados da forma que se indica nasFiguras 3–3, 3–4 e 3–5.

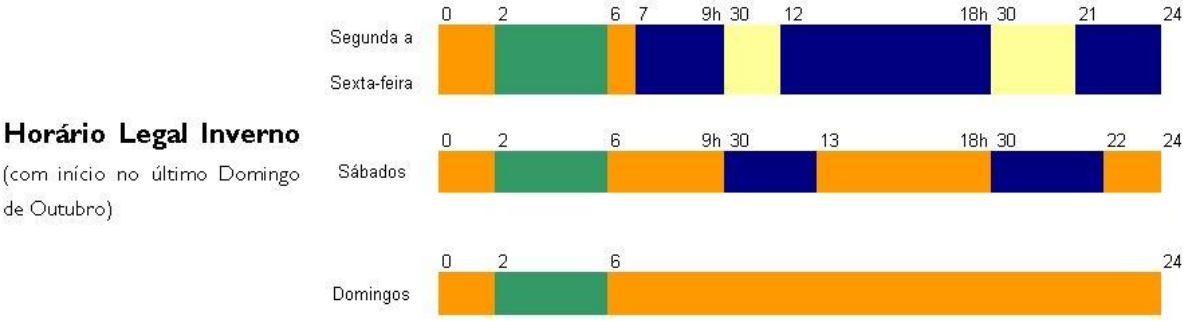


Figura 3-3 – Período de Hora Legal de Inverno

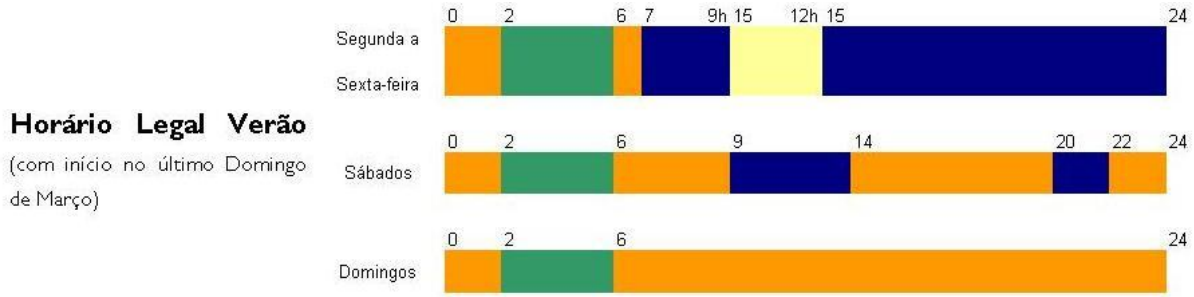


Figura 3-4 – Período de Hora Legal de Verão

Figura 3-5 – Legenda para diferenciação de Períodos Horários

Estes ciclos apresentados referem-se a todos os níveis de Tensão e tipos de fornecimento para Portugal Continental.

Para os clientes em Alta Tensão com ciclo semanal, como é o caso em análise neste trabalho, consideram-se os feriados nacionais como Domingos.

Para cada período horário existe uma tarifa associada, sendo que a mais elevada corresponde ao período de Ponta, segue-se o período de Cheia, depois Vazio Normal e a mais reduzida corresponde ao período de Super-Vazio. Estas tarifas permitem calcular pela Potência utilizada, o Termo de Energia Variável numa fatura.

Ainda nafatura vem debitado um valor referente à potência utilizada, denominado Potência em Hora de Ponta, e calcula-se através da potência utilizada em período de Ponta multiplicado pelo fator de ponta, que se trata de uma Tarifa de Acesso às Redes. Este valor é ainda diluído pelo período de faturação que considera o total do número de dias no mês e do número de Horas em período de Ponta.

Descrita a divisão entre Verão e Inverno para os períodos de tarifa impostos, apresenta-se na Figura 3-6 a diferença sazonal que se reflete também nos consumos para cada ponto de entrega fornecido pelo reservatório Alto Carenque:

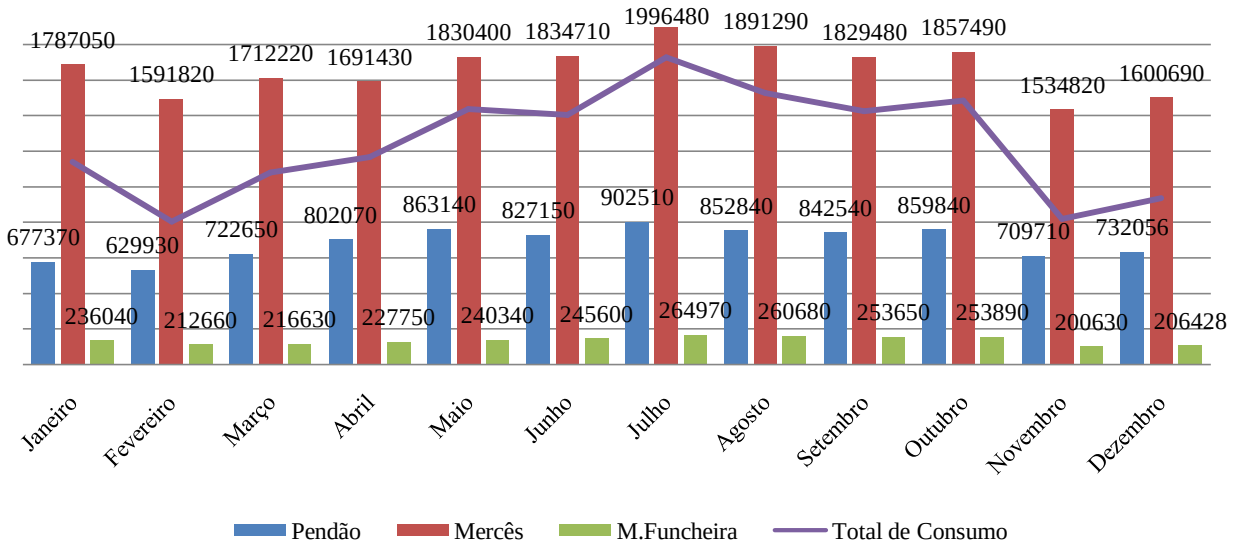


Figura 3-6 – Evolução nos diferentes consumos do reservatório Alto Carenque ao longo do ano de 2011

4. APRESENTAÇÃO DO MODELO

4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

O modelo apresentado de seguida tem por objetivo servir de ferramenta de gestão do regime de exploração do circuito hidráulico de abastecimento ao reservatório de Alto Carenque. Devegarantir um volume de reserva para o consumo do reservatório,otimizando a exploração na procura de um custo mínimo no decorrer do processo.

O único *input* dinâmico no modelo de cálculo é a definição do tempo de funcionamento do grupo ou dos grupos eletrobomba situados em cada uma das estações elevatórias do circuito. No caso da Figura 4–1, que ilustra a folha de cálculo onde são inseridos estes dados, trata-se da elevação em particular de EE Telheiras – Alto Carenque.

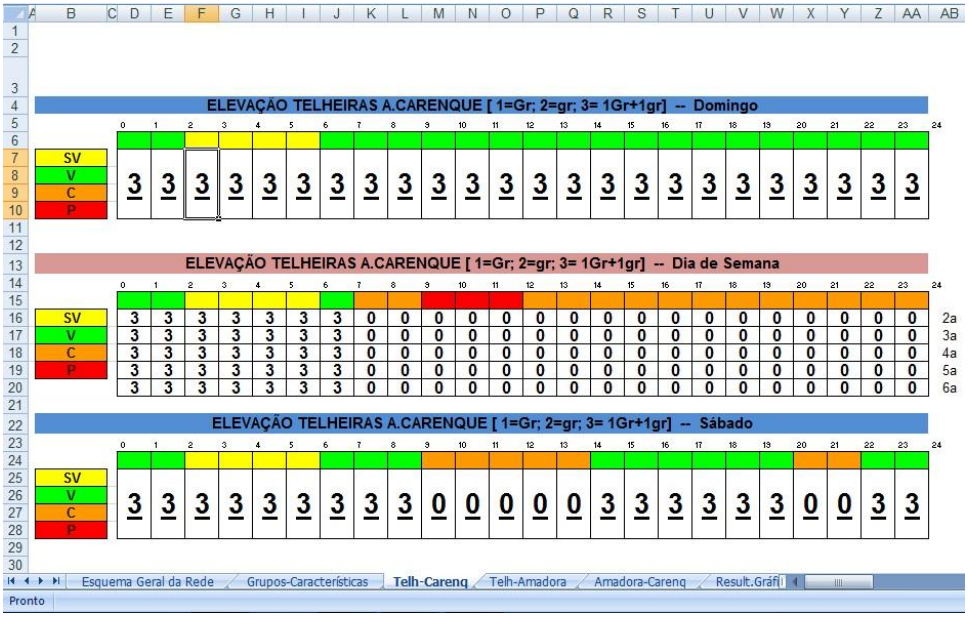


Figura 4-1 – Folha de cálculo para introdução de dados opcionais de exploração.

No decorrer do processo existem várias condicionantes e limitações a considerar para um regime normal de exploração. Tais condicionantes podem ser de ordem física como os caudais máximos e mínimos que promovem a durabilidade das infraestruturas de adução, ou condicionantes de ordem económica como o custo de energia que difere consoante os diferentes períodos de tarifas.

Como resultado final há que garantir que no fim do dia o volume para entrega ao consumo foi suficiente, que a capacidade de reserva em todos os elementos de adução (reservatórios, Adutores,....) permite o início de um novo dia, novo ciclo de exploração e fundamentalmente que se atinja este objetivo recorrendo ao uso eficiente de energia elétrica.

4.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA A CRIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo de simulação possui dois módulos para as situações de Verão e Inverno devido às diferenças impostas de períodos e tarifas como já referido no capítulo 3 no ponto 3.2.Regime de Tarifas.

4.2.1. ESQUEMA GERAL DO CIRCUITO EM ESTUDO

De seguida apresenta-se na Figura 4–2 um esquema geral de todo o circuito com as alternativas de exploração presentes na simulação:

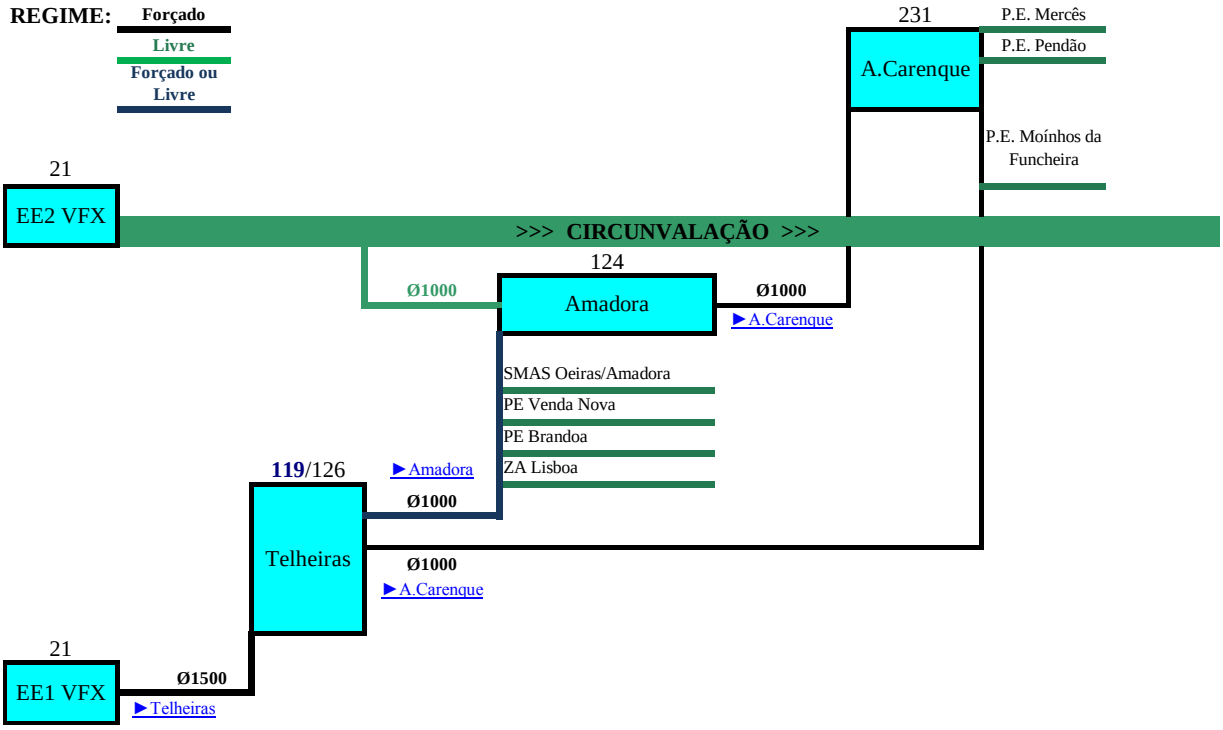


Figura 4-2 – Esquema geral do circuito – Opção de Exploração

Neste esquema geral está presente a opção de exploração que engloba todos os caminhos possíveis para o caudal que abastece Alto Carenque.Considera-se esta, uma alternativa mista em que são utilizadas em simultâneo ambas as estações, Amadora e Telheiras.

Nas figuras seguintes, apresentam-se os caminhos possíveis de forma isolada com referência ao facto de que por si só podem não representar uma opção de exploração.

- Abastecimento com origem na EE2 de Vila Franca de Xira através do Adutor de Circunvalação até ao reservatório da Amadora. A partir daí é elevado pela EE Amadora até ao reservatório de Alto Carenque. Este esquema apresenta um caminho possível mas não uma opção válida de exploração uma vez que o reservatório da Amadora é abastecido pela EE de Telheiras ou mesmo apenas pelo reservatório de Telheiras.

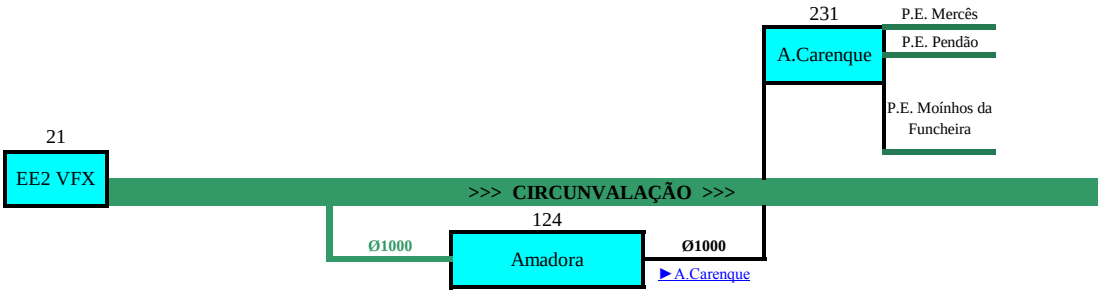


Figura 4-3 – Esquema de abastecimento EE2 VFX – EE Amadora – Alto Carenque

- Abastecimento com origem na EE1 de Vila Franca de Xira com elevação para Lisboa, considerando-se que este volume abastece o reservatório de Telheiras. A partir daí é elevado ou transferido por regime gravítico para o reservatório da Amadora. Por fim é elevado pela EE Amadora até ao reservatório de Alto Carenque. Este esquema apresenta um caminho possível mas não uma opção válida de exploração uma vez que o reservatório da Amadora é abastecido pelo Adutor de Circunvalação.

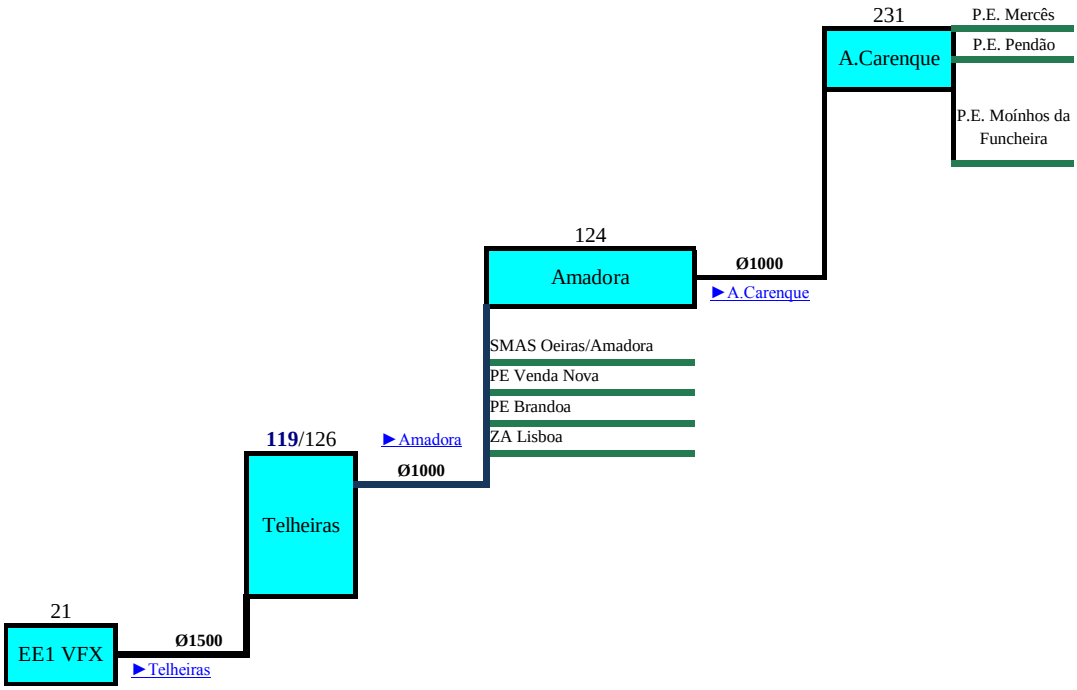


Figura 4-4 – Esquema de abastecimento EE1 VFX – Telheiras – EE Amadora – Alto Carenque

- Abastecimento com origem em ambas as EE's de Vila Franca de Xira através da elevação pelo Adutor de Circunvalação até ao reservatório da Amadora e da elevação para Lisboa, considerando-se que este volume abastece o reservatório de Telheiras. A partir daí é elevado pela EE Telheiras para o reservatório da Amadora que por sua vez eleva até ao reservatório de Alto Carenque. Este esquema apresenta um caminho possível e também uma opção válida de exploração.

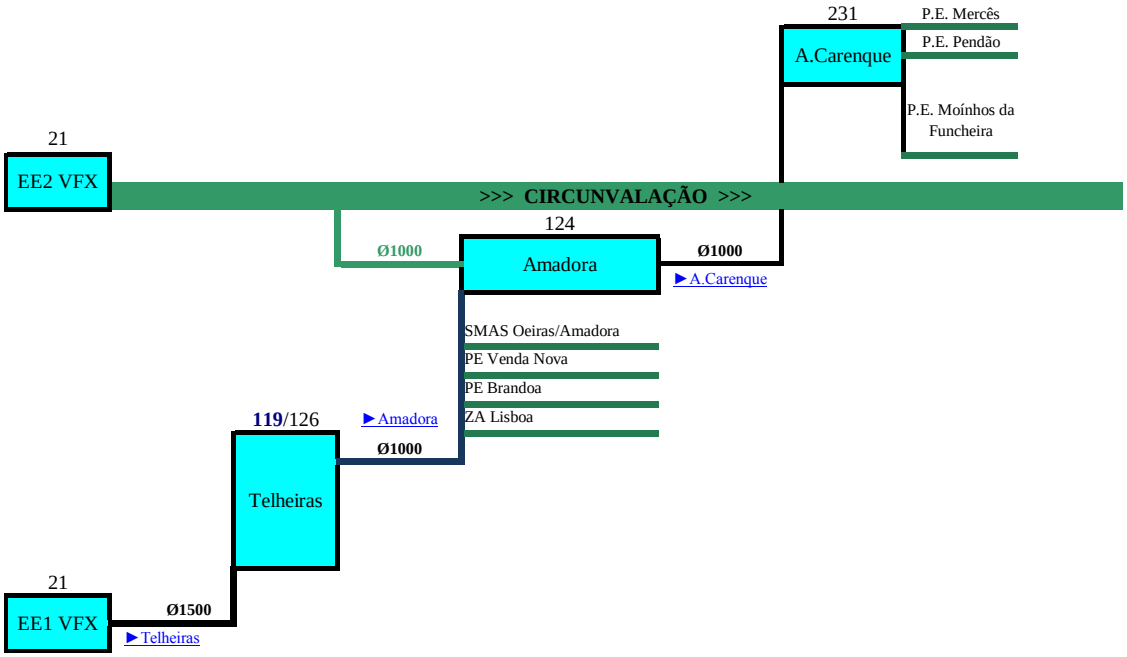


Figura 4-5 – Esquema de abastecimento através de EE Amadora – Opção de Exploração

- Abastecimento com origem na EE1 de Vila Franca de Xira com elevação para Lisboa, considerando-se que este volume abastece o reservatório de Telheiras. A partir daí é elevado pela EE Telheiras para o reservatório de Alto Carenque. Este esquema apresenta um caminho possível e também uma opção válida de exploração.

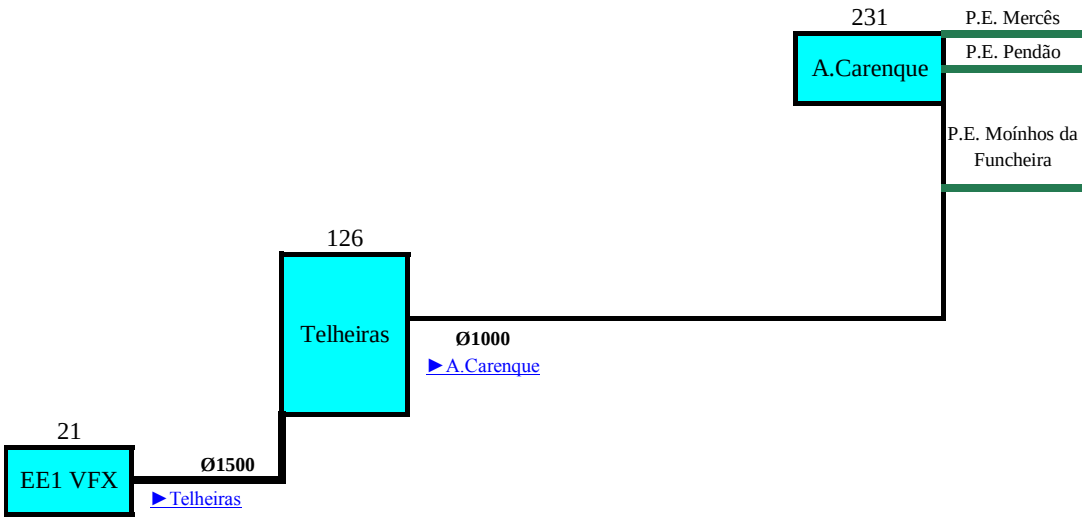


Figura 4-6 – Esquema de abastecimento através de Telheiras – Opção de Exploração

4.3. DADOS DE BASE

4.3.1. VALORES DE CONSUMO A APLICAR NO MODELO DE SIMULAÇÃO

De modo a criar o modelo para simulação ao abastecimento do reservatório de Alto Carenque é necessário ter em conta, não só os consumos do próprio reservatório mas também os consumos de percurso no seu abastecimento. Tem-se então, um volume de consumo agregado ao reservatório Alto Carenque e um volume de consumo agregado à ligação Telheiras-Amadora.

Para definir os consumos existentes no circuito hidráulico, é importante localizá-los primeiro. Nos esquemas seguintes é apresentada uma visão do circuito com a localização relativa dos pontos de consumo.

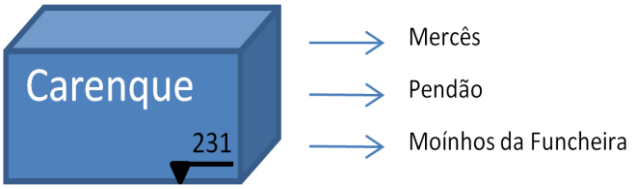


Figura 4-7 – Pontos de Consumo do reservatório Alto Carenque

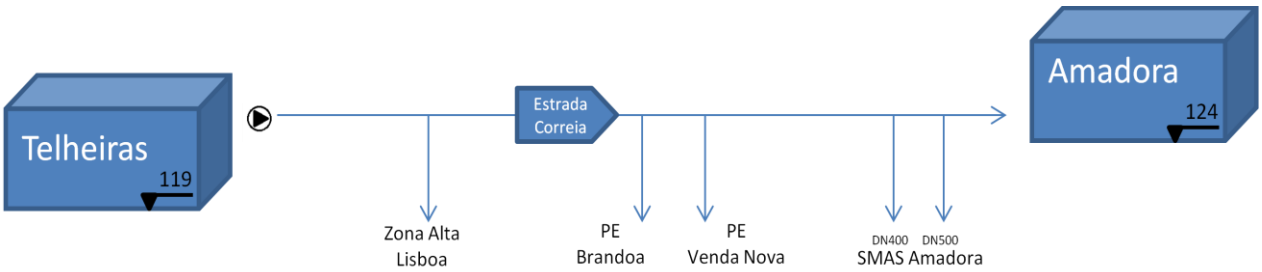


Figura 4-8 – Pontos de Consumo na Ligação Telheiras - Amadora

4.3.2. CONSUMO DORESERVATÓRIO ALTO CARENQUE

Englobados neste volume, estão as entregas aos SMAS de Sintra de Mercês e Pendão e SMAS da Amadora de Moinhos da Funcheira como vem esquematizado na Figura 4–7. Para aferição de valores médios com influência direta no modelo de simulação, foram extraídos relatórios através do Software Citect Scada com valores horários para todo o ano de 2011. Destes relatórios foram filtrados valores correspondentes às épocas de Verão ou Inverno, Dia de Semana, Sábado ou Domingo. Poder-se-á então obter, por exemplo, o valor médio de Consumo da Conduta Mercês às 17h de um dia de Semana na época de Verão (R.: Figura 4–9 Consumo=2529 m^3).

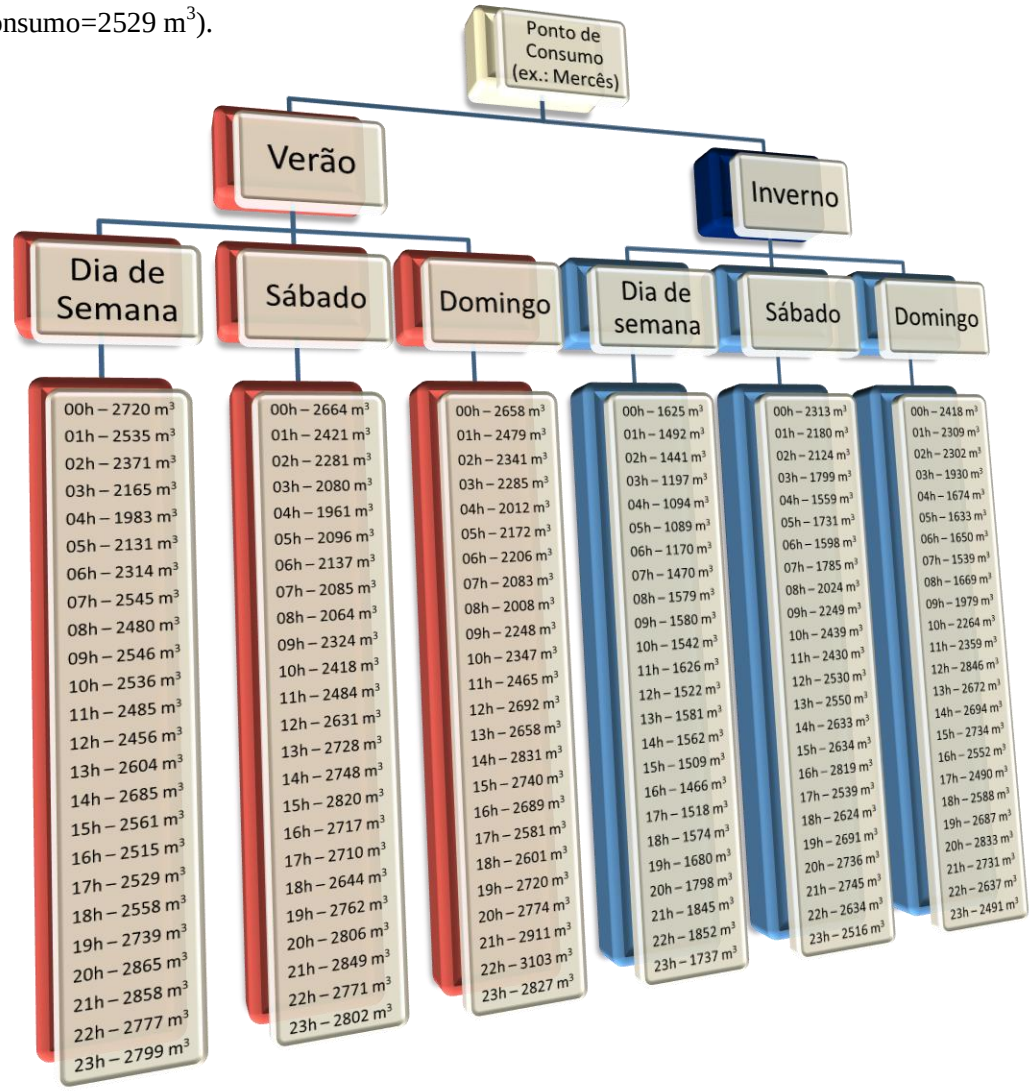


Figura 4-9 – Esquema representativo das divisões nos valores num Ponto de Consumo

Apresentam-se no Anexo I, para estes pontos de consumo, as variações médias ao longo de 24h para os diferentes regimes dentro de um ciclo semanal. Os valores que permitem a construção dos seguintes gráficos são os mesmos valores presentes no modelo de simulação.

4.3.3. CONSUMO NA LIGAÇÃO TELHEIRAS - AMADORA

Neste campo de consumo começa-se por separar Consumo a Montante de Estrada da Correia de Consumo a Jusante de Estrada da Correia. É neste local, Estrada da Correia, que se encontra um medidor de caudal de fronteira, dividindo Zona Alta de Lisboa e Zona de Concelhos Limítrofes.

O consumo a jusante é obtido pelo mesmo método referido no Consumo agregado a Alto Carenque, em que são filtrados os valores correspondentes aos pontos de entrega para os SMAS da Amadora (PE Brandoa, PE Venda Nova e EE Passarinhos) e a sua evolução é apresentada no Anexo II.

Por sua vez, o consumo a montante foi definido pela diferença calculada entre o medidor de caudal na saída do reservatório de Telheiras e o medidor de caudal fronteiriço da Estrada da Correia, atribuindo-se esse volume de consumo à Zona Alta de Lisboa. Também estes valores de consumo foram filtrados por época, dia e hora a fim de encontrar a média adequada a cada momento de simulação e encontram-se presentes no Anexo III.

4.3.4. ANÁLISE E ENQUADRAMENTO SOBRE OS CONSUMOS ESTUDADOS

Analisando os consumos expostos nos pontos anteriores conclui-se para a época de Verão, onde se detetam como esperado os maiores volumes de consumo, que o período de menor consumo ronda entre as 01h e as 06h. Uma tendência presente em todos os pontos medidos com exceção ao Consumo Montante Est. Correia (ZA Lisboa) e Consumo EE Passarinhos, o primeiro por tratar-se de um consumo de Rede de Distribuição que por definição apresenta uma variação mais orgânica e o segundo por tratar-se de uma gestão diretamente associada ao Centro de Comando da empresa gestora/cliente SMAS Amadora.

De referir também que não se constata variação considerável entre Dia-de-Semana, Sábado e Domingo.

Para a época de Inverno, detetam-se então os consumos mais baixos comparativamente à época de Verão, de forma generalizada e com as mesmas exceções referidas anteriormente também pelas mesmas razões. A par desta Variação Sazonal, está também presente de forma clara uma variação entre Dia-de-Semana, Sábado e Domingo, pois é durante a semana que se registam os consumos mais baixos, possivelmente por se tratar de consumos efetuados em concelhos limítrofes a uma zona urbana com extrema actividade laboral como é a cidade de Lisboa.

4.3.5. CARACTERÍSTICAS DE ELEVAÇÃO

Apresentado o circuito hidráulico, definem-se então as suas características no que respeita à elevação em cada estação elevatória representada.

Analisando de montante para jusante tem-se a elevação em Vila Franca de Xira da Estação Elevatória 1 para o Adutor Vila Franca de Xira-Telheiras e da Estação Elevatória 2 para o Adutor Circunvalação. De referir que apesar de a EE2 elevar para o reservatório Á-dos-Bispos e que a partir daí, todo o volume elevado percorre o adutor em regime livre, o custo associado a esse volume de água será sempre o custo de elevação em Vila Franca de Xira.

Os custos inerentes a estas EE serão tratados de forma diferente, uma vez que apenas uma parte do volume elevado será utilizado para o circuito em questão. Posto isto será admitido um custo associado a cada EE, resultante de ensaios *in situ*realizados pela empresa gestora EPAL, e considerado para cada m^3 utilizado no abastecimento a Alto Carenque.

O custo associado para cada EE é proveniente de uma tarifa média com as devidas proporções para os diferentes períodos diários e semanais, uma vez que se tratam de estações elevatórias que trabalham todo o dia, todos os dias com regimes de elevação de grande estabilidade.

Quadro 4-1 – Características da Estação Elevatória 1 de Vila Franca de Xira

Estação Elevatória	Nº de Grupos Eletrobomba + Reserva	Características das Bombas
		Altura Manométrica (m)
EE1 Vila Franca de Xira	3+3	148

Tarifa média na elevação VFX-Telheiras=	0,0822	[EUR/kWh]
Consumo especifico VFX-Telheiras=	0,43	[kWh/m3]
Custo da Elevação VFX-Telheiras=	0,0353	[EUR/m3]

Quadro 4-2 – Características da Estação Elevatória 2 de Vila Franca de Xira

Estação Elevatória	Nº de Grupos Eletrobomba + Reserva	Características das Bombas
		Altura Manométrica (m)
EE2 Vila Franca de Xira	5+1	145

Tarifa média na elevação VFX-Circunvalação=	0,0819	[EUR/kWh]
Consumo especifico VFX-Circunvalação=	0,459	[kWh/m3]
Custo da Elevação VFX-Circunvalação=	0,0376	[EUR/m3]

Para a Estação Elevatória de Telheiras considera-se duas EE distintas, uma que eleva diretamente para o reservatório Alto Carenque e outra que eleva para o reservatório Amadora e Zona Alta de Lisboa com mais alguns pontos de consumo pelo percurso. Ainda para a ligação Telheiras-Amadora considera-se também o caudal médio para a opção de Regime Livre.

Quadro 4-3 – Características da Estação Elevatória de Telheiras

Estação Elevatória	Nº de Grupos Eletrobomba + Reserva	Características das Bombas
		Altura Manométrica (m)
Telheiras-Amadora	3	25
Telheiras-Alto Carenque	3+1	130

Quadro 4-4 – Valores característicos para a elevação Telheiras-Amadora

EE Telheiras-Amadora	1 Grupo em funcionamento	2 Grupos em funcionamento	Regime Livre
Caudal médio [m3/h]	1500	2600	1400
Consumo específico [kWh/m3]	0,0528	0,0610	0

Para a escolha de opções de elevação em EE Telheiras-Amadora define-se que a opção 1 corresponde a 1 Grupo em funcionamento, a opção 2 a 2 Grupos em funcionamento e a opção 3 corresponde a exploração por Regime Livre. Os valores das opções 1, 2 ou 3 serão os *inputs*"Número de Máquinas em Funcionamento" definidos pelo operador da simulação para esta EE.

Quadro 4-5– Valores característicos para a elevação Telheiras-Alto Carenque

EE Telheiras-Alto Carenque	ST1	ST2	St3	St4	[ST1 ou ST2] + [St3 ou St4]
Caudal médio [m3/h]	1430	1430	760	760	2040
Consumo específico [kWh/m3]	0,4045	0,4045	0,4433	0,4433	0,4362

Na escolha de opções de elevação em EE Telheiras-Alto Carenque define-se que a opção 1 corresponde a 1 Grupo grande (ST1 ou ST2) em funcionamento, a opção 2 a 1 Grupo pequeno (St3 ou St4) em funcionamento e a opção 3 corresponde a exploração através da combinação de 1 Grupo grande mais 1 Grupo pequeno em simultâneo. Os valores das opções 1, 2 ou 3 serão, para esta EE, os *inputs* "Número de Máquinas em Funcionamento" a definir para cada simulação.

Em relação à EE de Amadora considera-se os 3 grupos passíveis de funcionar em simultâneo.

Quadro 4-6 – Características da Estação Elevatória da Amadora

Estação Elevatória	Nº de Grupos Eletrobomba + Reserva	Características das Bombas
		Altura Manométrica (m)
Amadora-Alto Carenque	3+1	116

Quadro 4-7– Valores característicos para a elevação Amadora-Alto Carenque

EE Amadora-Alto Carenque	1 Grupo em funcionamento	2 Grupos em funcionamento	3 Grupos em funcionamento
Caudal médio [m3/h]	1700	3340	4800
Consumo específico [kWh/m3]	0,3873	0,3948	0,4047

Na escolha de opções de elevação em EE Amadora-Alto Carenque define-se que a opção 1 corresponde a 1 Grupo em funcionamento, a opção 2 a 2 Grupos em funcionamento e a opção 3 corresponde a 3 Grupos em funcionamento em simultâneo. Como referido para as anteriores EE, estes serão os *inputs* "Número de Máquinas em Funcionamento" a definir para cada simulação.

Também presente na folha de cálculo relativa às características *input* do modelo, estão as características referentes aos diferentes períodos de tarifa referidos no ponto 3.2.Regime de Tarifas para os Ciclos Horários. A cada um destes períodos horários, corresponde um valor pré-definido em Euros por kilowatt-hora, sujeitos a atualização anual posta em prática pelas empresas fornecedora em contracto. Os valores que se apresentam de seguida são referentes aos preços de energia praticados em 2012 para instalações alimentadas em Média Tensão, os quais não põem em causa simulações futuras uma vez que o seu aumento anual se procede por aumento percentual dentro da mesma ordem de grandeza.

Quadro 4-8 – Preços de energia para instalações alimentadas em Média Tensão, 2012

Horas de Ponta	0,0978	€/kWh
Horas Cheias	0,0937	€/kWh
Horas de Vazio	0,0797	€/kWh
Horas de Supervazio	0,0787	€/kWh

Quadro 4-9 – Valores a utilizar para o cálculo de Potência em Hora de Ponta

	Verão	Inverno
Tarifa Hora Ponta Média Tensão [€/kW.dia]	0,2476	
Horas de Ponta	nº dias úteis no mês * 3h	nº dias úteis no mês * 5h

4.3.6. VÁLVULA REGULADORA MONOVAR – ADUTOR CIRCUNVALAÇÃO/AMADORA

A transferência entre o Adutor de Circunvalação e o reservatório da Amadora é feita através de uma derivação do adutor principal como se apresenta na Figura 4–10, onde está instalada uma válvula reguladora de caudal do tipo Monovar acompanhada de um medidor de caudal.

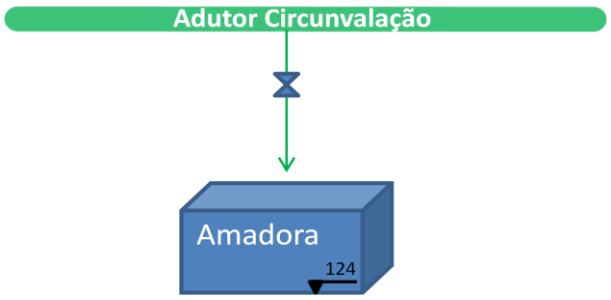


Figura 4-10 – Esquema representativo da derivação entre Adutor de Circunvalação e reservatório da Amadora

Para uma breve descrição de uma válvula de regulação Monovar basta referir que se trata simplesmente de duas placas circulares perfuradas e um corpo anular montado entre as flanges da tubagem. Na Figura 4–11 está explicado o design da válvula, onde se percebe que a placa (2) é fixa e a placa (3) do lado a montante, é livre de se deslocar para cima e para baixo. Na posição totalmente aberta, os orifícios nas placas encontram-se alinhados, enquanto na posição totalmente fechada a placa móvel (3) desloca-se na totalidade de um diâmetro de orifício. Sob condições de caudal especificadas, a posição é intermédia, com os orifícios na placa fixa parcialmente bloqueados pelos da placa móvel.

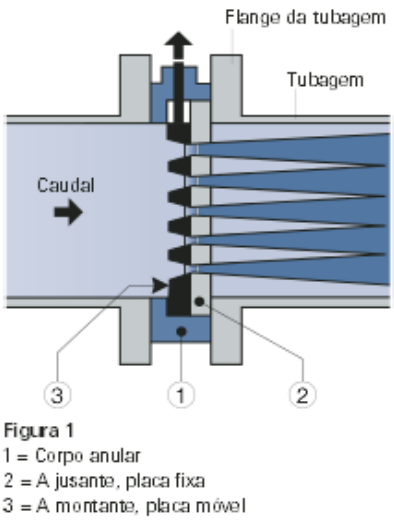
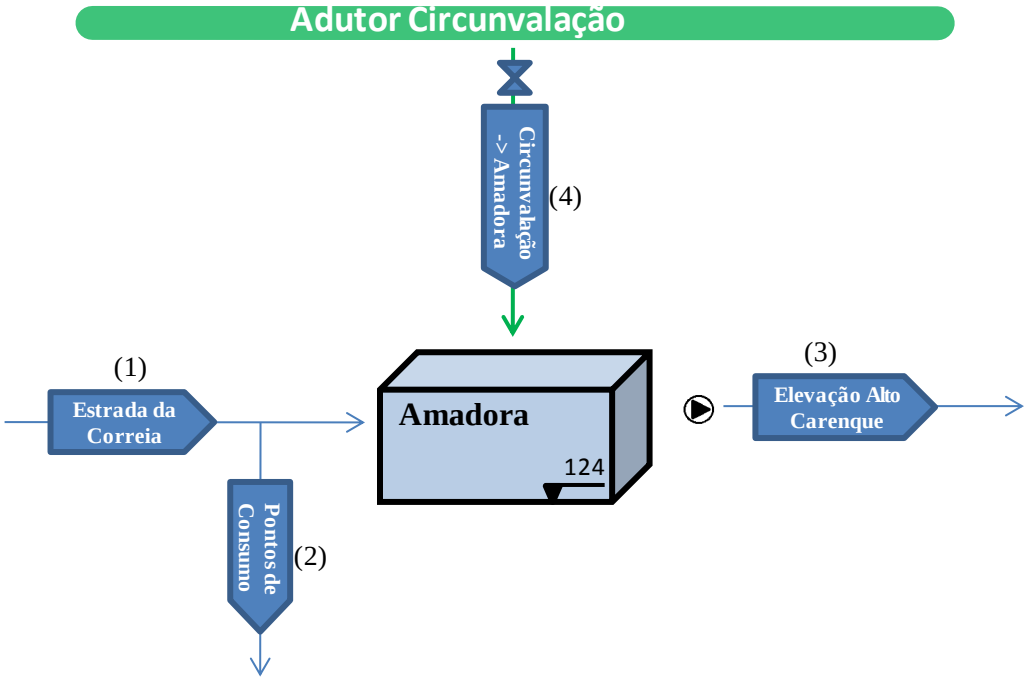


Figura 4-11 – Design de uma válvula Monovar (PENTAIR,2012)

Este tipo de válvula apresenta várias vantagens uma vez que a dissipação de energia é controlada por jatos múltiplos distribuídos, que dividem o caudal fazendo com que sejam consideravelmente reduzidos os efeitos de perturbação. Estas características resultam que os caudalímetros podem ser instalados muito mais próximos das válvulas do que o habitual, os índices de cavitação apresentados são muito mais favoráveis do que nas válvulas convencionais pois as implosões ocorrem no fluido e não nas peças vitais da válvula. Para terminar de referir também que as válvulas Monovar não possuem a tendência natural para abrir ou fechar durante a regulação do caudal e da pressão.

O automatismo programado para a regulação desta válvula consiste na procura do equilíbrio de nível, seja este qual for, no reservatório da Amadora.Soma os caudais de entrada e acrescenta caudal à equação através da regulação de modo a igualar o caudal de saída, sendo que caso o caudal de entrada seja maior do que o caudal de saída a válvula procede ao fecho total. Este método operacional designa-se por "Consignação de Nível". Para efetuar a regulação por controlo remoto o Operador do Centro de Comando dispõe ainda dos Métodos "Manual" em que define a percentagem de abertura da válvula e "Set-Point de Caudal" em que define o caudal a transferir.



(1) - Medidor fronteiriço da Estrada da Correia (elevação de Telheiras com subtração dos consumos da Zona Alta)
(2) – Pontos de Consumo entre o medidor da Estrada da Correia e o R. Amadora
(3) – Elevação para o R. Alto Carenque
(4) - Medidor a jusante da válvula Monovar para transferência entre Ad. Circunvalação e R. Amadora

Figura 4-12 – Esquema representativo dos pontos de medição influentes para a regulação da válvula Monovar

Pela Figura 4–12 retira-se que o funcionamento da válvula Monovar pode ser explicado através de uma equação linear como a seguinte:

$$Q_{Estrada\ da\ Correia} - Q_{Pontos\ de\ Consumo} + \boldsymbol{Q_{Circunvalação-Amadora}} = Q_{Elevação\ Alto\ Carenque} \quad [4.1]$$

Na criação do modelo de simulação, esta operação matemática mostrou-se insuficiente para resolver esta particularidade do sistema hidráulico, na medida em que não contempla outras variáveis a ter em conta como por exemplo o caudal máximo admissível para efeitos de exploração ou a variação de forma controlada do caudal a transferir.

Foi implementada então uma função condicional no modelo, que se utiliza para retornar um determinado resultado mediante a um teste lógico referente ao valor contido em uma célula indicada. Na função são passados três argumentos, os quais são o Teste Lógico, o Valor se Verdadeiro e o Valor se Falso.

Esta função, ao contrário do automatismo em vigor no sistema de Telegestão, tem atenção ao nível do reservatório da Amadora, uma vez que simula também o controlo feito pelo Operador do Centro de Comando, segundo a intenção de exploração.Antes de mais deve ter-se em conta que existem níveis limites de exploração no reservatório da Amadora, e que atualmente esses níveis são 2,00 m para o limite inferior e 3,00m para o limite superior, sendo que estes valores poderão ser ultrapassados pontualmente e não por sistema.

O seu funcionamento baseia-se numa série de questões (Testes Lógicos) que coloca ao Modelo de Simulação, num período recorrente de 15 minutos.

Primeiramente é feita a questão, como apresentado na Figura 4–13, se o valor de nível inicial ou medido anteriormente se encontra abaixo dos 2,85m. A ser verdade a função devolve o valor estipulado pelo utilizador de 2800 m^3/h (Valor se Verdadeiro), caso contrário efetua outra questão que consiste em saber se o nível está a descer (Valor se Falso).

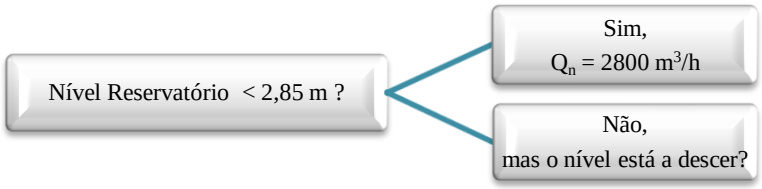


Figura 4-13 – Fluxograma para o funcionamento da Monovar – Parte I

Se a resposta for positiva e o nível estiver a descer, então a função soma os caudais correspondentes aos pontos de consumo entre EE Telheiras e R. Amadora mais o caudal de elevação de EE Amadora-R. Alto Carenque e subtrai o caudal de elevação de EE Telheiras-R. Amadora. De seguida verifica se este caudal é superior a 3000 m^3/h, colocando o valor real da soma ou os 3000 m^3/h caso o resultado seja superior. Ver Figura 4–14.

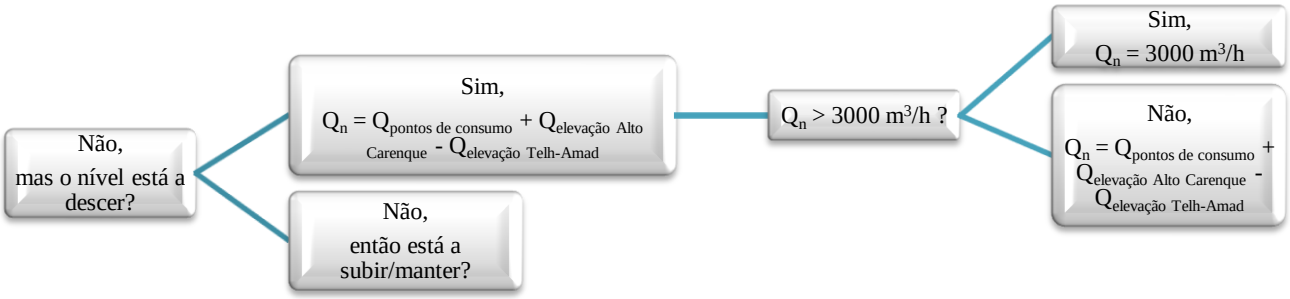


Figura 4-14– Fluxograma para o funcionamento da Monovar – Parte II

Se a resposta for negativa, é colocada outra questão como vem esquematizado na Figura 4–15, que consiste em saber se o nível se encontra a subir ou manter. Chegando a este ponto a resposta só pode ser positiva, levando a função a fazer a última verificação que é saber se o nível atingiu os 3,00m. Caso já tenha atingido os 3,00m a função retorna o caudal igual a 0 m^3/h, se não atingiu ainda, mantém o caudal calculado 15 minutos antes.

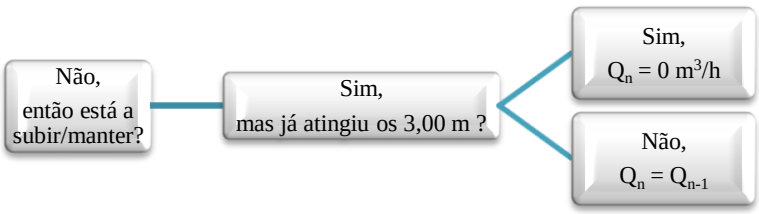


Figura 4-15– Fluxograma para o funcionamento da Monovar – Parte III

De seguida apresenta-se um exemplo de uma linha de código retirada da folha de cálculo principal do Modelo de Simulação, pertencente à coluna referente à transferência de caudal do Adutor Circunvalação para o reservatório da Amadora e também o fluxograma global da função. Ver Figura 4–16.

"=SE(P608<2,85;700;(SE(P608-P607<0;SE(M609+N609+Q609-G609>=750;750;M609+N609+Q609-G609);SE(P608-P607>=0;SE(P608<3;ABS(J608);0);".")))))"

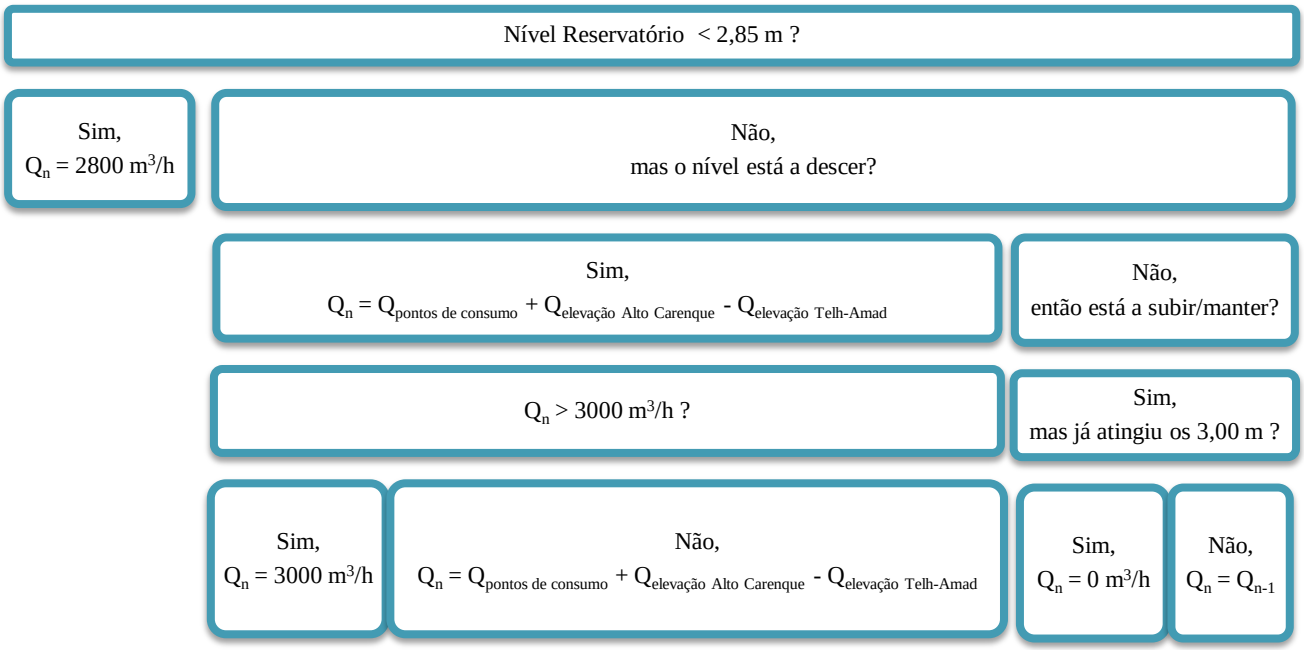


Figura 4-16– Fluxograma global para o funcionamento da Monovar

4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO

Para validar o modelo criado, é necessário aplicar o mesmo a uma situação em que o resultado é conhecido. Como o custo final dos restantes cenários em estudo englobam diferentes estações elevatórias não se justifica a validação nessas circunstâncias, uma vez que este valor está dividido pelos centros de custo de cada EE.

Trata-se então de avaliar a exploração efetuada apenas numa estação elevatória, neste caso, a EE Amadora dado que qualquer regime de exploração da mesma pode ser simulado no modelo. Exclui-se desde logo a EE Telheiras, pois aqui existe elevação para a Zona Superior da Charneca com 3 Grupos Eletrobomba, os quais influenciam o valor final faturado mas que não podem ser simulados neste modelo pois não estão compreendidos no Subsistema de Abastecimento ao reservatório de Alto Carenque.

De seguida apresenta-se um exemplo de fatura mensal correspondente a um regime de exploração ocorrido em Janeiro de 2011.

Quadro 4-10 – Valores de faturação referentes à EE Amadora, Janeiro de 2011

	AMADORA		Dados do Cliente			
	VALIDAÇÃO		EPAL EMP PORTUGUESA DAS ÁGUAS LIVRES			
			Morada: xxxxxxx xxxxxxx			
			Cód. Cliente: xxxxxxx			
Descrição			Cálculo			Valor
Termo Energia Variável						52880,63
		Eur/kWh	kWh	Eur		
	Horas de Ponta	0,071791	79558	5711,55		
	Horas Cheias	0,066404	320797	21302,20		
	Horas de Vazio	0,058824	274430	16143,07		
	Horas de Supervazio	0,054374	178832	9723,81		
Potência Horas Ponta						5501,02
		kWh	Horas	Dias	Eur/kW	
	Horas de Ponta	79558	105,00	31,00	0,2342	

Numa fatura real existem outros itens faturados, como a Potência Contratada, mas que para esta análise não exerce qualquer influência.

Foi feito um levantamento dos Grupos Eletrobomba que funcionaram e das horas em que funcionaram ao longo do respetivo mês. Com esta informação tem-se os dados de entrada necessários para simular os custos relacionados com a EE Amadora.De referir que na folha de cálculo do modelo em que estão inseridas as características de elevação referidas em 4.2.2 , é necessário ajustar os valores de tarifa correspondentes a cada período horário, para valores que vigoravam em Janeiro de 2011.

De seguida apresenta-se um exemplo de fatura mas com os valores resultantes da simulação efetuada com dados conhecidos.

Quadro 4-11 – Valores de faturação referentes à EE Amadora obtidos através do Modelo de Simulação

AMADORA

VALIDAÇÃO

Dados do Cliente

EPAL EMP PORTUGUESA DAS ÁGUAS LIVRES

Morada: xxxxxxx xxxxxxx

Cód. Cliente: xxxxxxx

Descrição		Cálculo				Valor
Termo Energia Variável						52103,76
		Eur/kWh	kWh	Eur		
	Horas de Ponta	0,071791	77390,65	5555,95		
	Horas Cheias	0,066404	323123,22	21456,67		
	Horas de Vazio	0,058824	262706,57	15453,45		
	Horas de Supervazio	0,054374	177248,04	9637,68		
Potência Horas Ponta						5351,16
		kWh	Horas	Dias	Eur/kW	
	Horas de Ponta	77390,65	105,00	31,00	0,2342	

Obtém-se então valores muito semelhantes aos faturados na realidade, apresentando uma variação percentual para o Termo de Energia Variável de 1,5%. Para o valor faturadode Potência em Horas de Ponta tem-se uma variação de 2,7%.

Os valores de variação obtidos refletema fiabilidade do modelo na simulação de uma situação real e conhecida, podendo assim ser utilizado para simulações de exploração resultando em valores credíveis para análise e comparação.De referir também que uma das razões para a variação verificada prende-se com a exatidão na paragem e arranque dos Grupos Eletrobomba, uma vez que o Operador do Centro de Comando de uma EE não executa todas as manobras precisamente a hora certa, ao contrário do modelo de simulação que não considera tal imprevisibilidade.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

5.1. ESTRATÉGIA DE SIMULAÇÃO

De modo a definir a estratégia de exploração existem algumas condicionantes a ter em conta como o nível inicial para iniciar a simulação. O objetivo na estratégia de exploração, é chegar ao fim do último dia da semana - Sábado, com o mesmo nível modelado para iniciar o dia de Domingo, perfazendo assim um ciclo semanal onde pode ser aplicado o mesmo regime.

Aplicar a evolução da reserva de água na otimização da exploração é uma preocupação constante para a gestão de um sistema de abastecimento de água. Numa situação normal e de acordo com as tarifas em vigor, que resultam em períodos horários mais vantajosos nos dias de fim de semana, a exploração rege-se por maximizar a reserva nos dias Sábado e Domingo para que nos dias de semana possa existir um decréscimo desse volume de reserva sem colocar em causa a garantia de abastecimento, como se exemplifica na Figura 5-1.

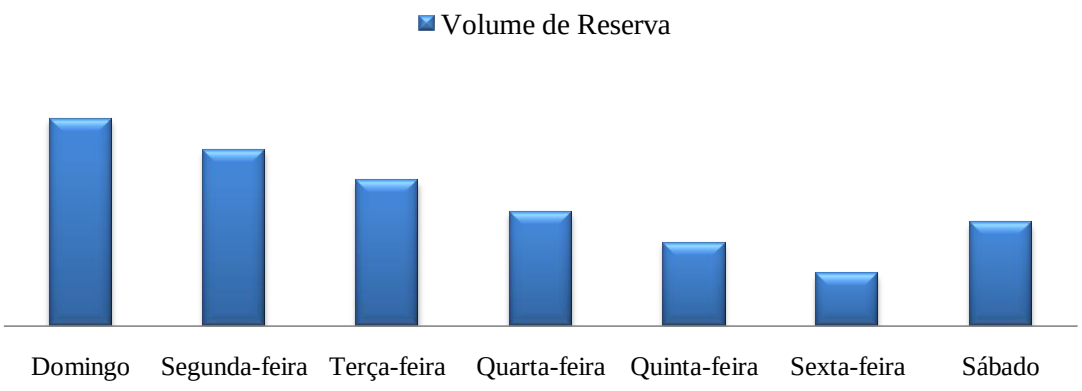


Figura 5-1– Evolução diária ideal do volume de reserva de água para uma semana

Da mesma forma a exploração diária rege-se de acordo com os períodos de tarifa em vigor e com os períodos de maior/menor consumo. Deste modo, maximiza-se a reserva no período noturno onde vigoram os períodos de Vazio e Supervazio, para que durante o período diurno possa existir um decréscimo desse volume de reserva sem colocar em causa a garantia do abastecimento, como se exemplifica na Figura 5-2.

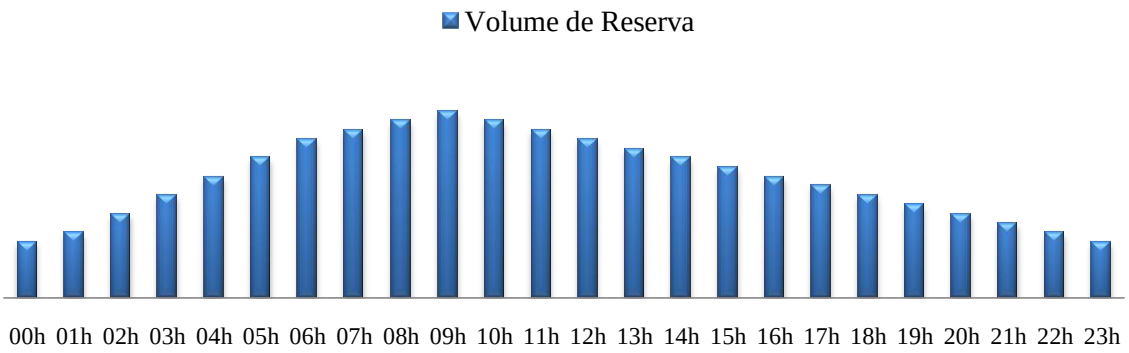


Figura 5-2 – Evolução horária ideal do volume de reserva de água para um dia

Outra das condicionantes do processo de simulação prende-se com a capacidade de reserva dos reservatórios envolvidos no processo, nomeadamente o reservatório da Amadora e o reservatório de Alto Carenque.

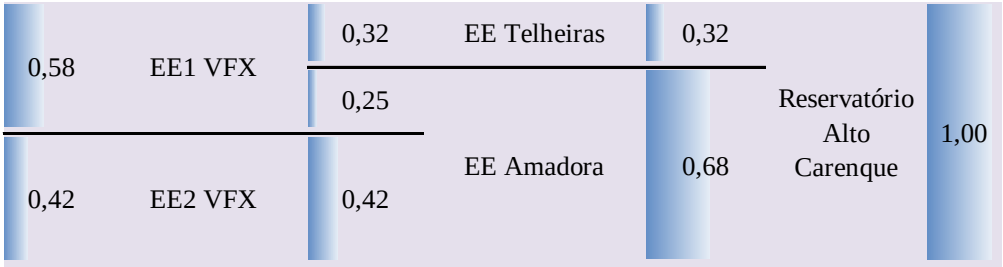
5.2. CENÁRIO ATUAL DE EXPLORAÇÃO

Para definir o atual cenário de exploração considera-se o último mês da época de Verão (Setembro de 2012) e o último mês do mesmo ano da época de Inverno (Dezembro de 2012). A escolha destes espaços temporais como os meses representativos do cenário atual de exploração prende-se com o facto de serem os mais recentes registos à data de elaboração deste trabalho. Mais uma vez, com base no levantamento do regime exploração efectuado,utiliza-se o modelo para obter um valor para o custo final da respetiva exploração.

Considerando primeiro o Cenário Atual para a Época de Verão tem-se que em média no mês de Setembro de 2012 foram elevados 100000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Em termos percentuais tem-se que 68% provém da elevação na EE Amadora e os restantes 32% da elevação em EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem.

Quadro 5-1 – Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário Atual de Exploração - Verão



Este regime de exploração resulta num custo total de:

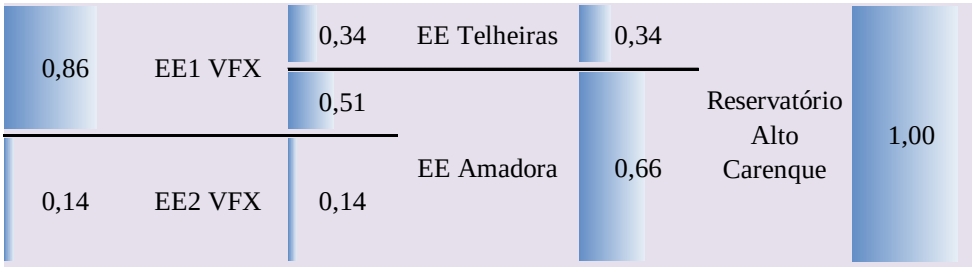
Quadro 5-2 – Custos para a simulação do Cenário Atual de Exploração - Verão

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	224427,48
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	9023,60
CUSTO TOTAL	233451,09

Analisando agora o Cenário Atual para a Época de Inverno tem-se que em média no mês de Dezembro de 2012 foram elevados70000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Em termos percentuais tem-se que 66% provém da elevação na EE Amadora e os restantes 34% da elevação em EE Telheiras. De referir que neste período estava em prática o regime de exploração de 2 Grupos em funcionamento permanente em EE Telheiras-Amadora.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem.

Quadro 5-3– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário Atual de Exploração - Inverno



Este regime de exploração resulta num custo total de:

Quadro 5-4– Custos para a simulação do Cenário Atual de Exploração - Inverno

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	188872,36
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	7580,45
CUSTO TOTAL	196452,81

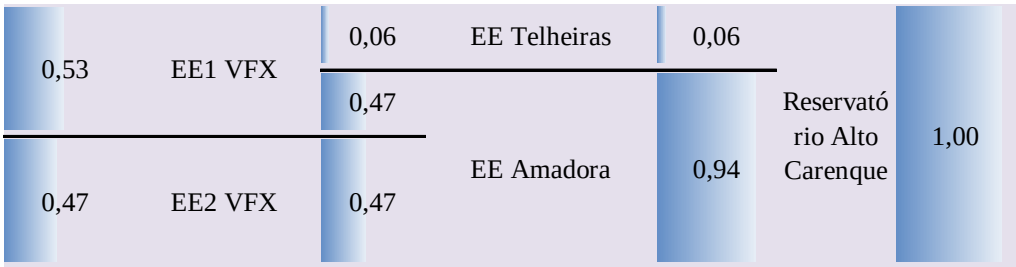
5.2.1. CENÁRIO 1 – MAIOR ELEVAÇÃO POR EE AMADORA – ALTO CARENQUE

Para o Cenário 1,utiliza-se toda a capacidade de elevação da EE Amadora ficando a EE Telheiras responsável pelo restante volume, necessário ao consumo do reservatório Alto Carenque.

Considerando o modelo de simulação para o Verão, tem-se que em média são elevados 96000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Utilizando a máxima capacidade de elevação na EE Amadora, é assegurado 94% deste volume e os restantes 6% provém da EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-5– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 1 - Verão



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-6 – Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 1 Verão

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	2,03	5,53	2,97	3,50	2,15	3,28	2,54
2a	2,97	2,06	5,85	2,84	2,54	1,73	3,35	2,71
3a	2,84	1,94	5,72	2,72	2,71	1,70	3,42	2,65
4a	2,72	1,81	5,60	2,59	2,65	1,64	3,43	2,74
5a	2,59	1,93	5,71	2,71	2,70	1,64	3,43	2,74
6a	2,71	2,04	5,83	2,82	2,71	1,65	3,40	2,63
Sábado	2,82	1,99	5,89	1,99	2,59	1,72	3,42	3,49

O nível inicial de 3,50 m no reservatório da Amadora deve-se à necessidade de reserva para permitir a elevação maximizada para o reservatório de Alto Carenque no dia de Domingo. Pela mesma razão compreende-se um nível inicial mínimo de 2,00 m em Alto Carenque.

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-7 – Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 1 Verão

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	
2a	2	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
3a	2	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
4a	2	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
5a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
6a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sábado	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	

Quadro 5-8– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 1 Verão

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sábado	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Quadro 5-9– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 1 Verão

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
6a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

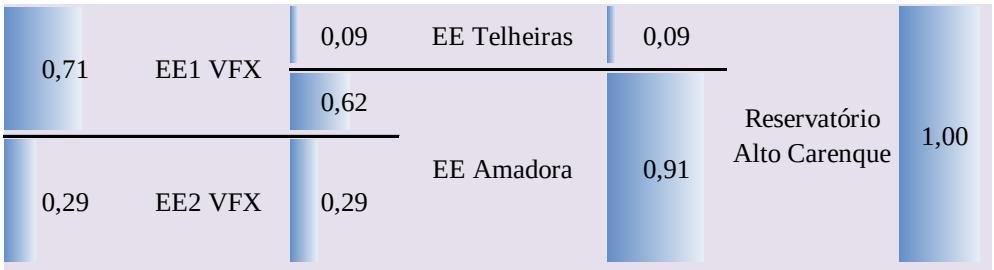
Quadro 5-10– Custos para a simulação do Cenário 1 - Verão

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	229179,47
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	229179,47

Considerando o modelo de simulação para o Inverno, tem-se que em média são elevados 65000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Utilizando a máxima capacidade de elevação na EE Amadora, é assegurado 91% deste volume e os restantes 9% provém da EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-11– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 1 - Inverno



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-12–Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 1 Inverno

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	1,85	5,66	3,04	2,40	1,93	2,54	2,45
2a	3,04	2,59	5,87	2,92	2,45	2,39	2,82	2,44
3a	2,92	2,47	5,75	2,80	2,44	2,38	2,81	2,43
4a	2,80	2,35	5,63	2,69	2,43	2,37	2,81	2,43
5a	2,69	2,23	5,51	2,57	2,43	2,37	2,81	2,43
6a	2,57	2,11	5,40	2,45	2,43	2,37	2,81	2,43
Sábado	2,45	1,95	5,81	1,95	2,43	2,03	2,57	2,37

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-13– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 1 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	2	2	2	
3a	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	2	2	2	
4a	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	2	2	2	
5a	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	2	2	2	
6a	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	2	2	2	
Sábado	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	

Quadro 5-14– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 1 Inverno

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6a	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sábado	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Quadro 5-15– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 1 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	
3a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	
4a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	
5a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	
6a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

Quadro 5-16– Custos para a simulação do Cenário 1 - Inverno

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	160606,16
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	160606,16

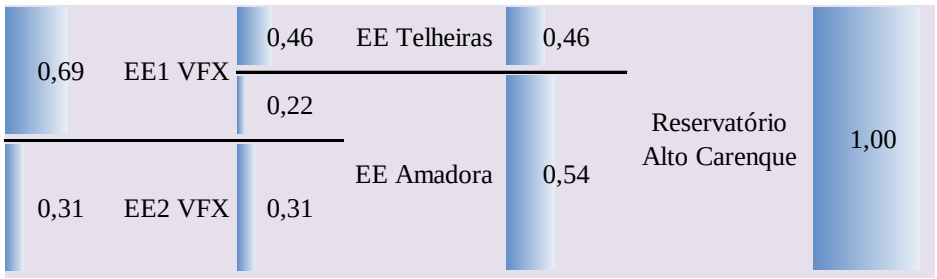
5.2.2. CENÁRIO 2 – MAIOR ELEVAÇÃO POR EE TELHEIRAS – ALTO CARENQUE

Para o Cenário 2, utiliza-se toda a capacidade de elevação da EE Telheiras ficando a EE Amadora responsável pelo restante volume, necessário ao consumo do reservatório Alto Carenque.

Considerando o modelo de simulação para o Verão, tem-se que em média são elevados 96000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Utilizando a máxima capacidade de elevação na EE Telheiras, é assegurado 46% deste volume e os restantes 54% provém da EE Amadora.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-17 – Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 2 - Verão



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-18– Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 2 Verão

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	2,06	5,87	3,94	2,50	1,73	3,07	2,95
2a	3,94	2,65	6,04	3,86	2,95	2,34	3,07	2,64
3a	3,86	2,57	5,95	3,77	2,64	2,03	3,11	2,60
4a	3,77	2,48	5,87	3,69	2,60	1,99	3,07	2,59
5a	3,69	2,40	5,78	3,60	2,59	1,97	3,06	2,54
6a	3,60	2,31	5,70	3,51	2,54	1,92	3,10	2,59
Sábado	3,51	1,96	5,69	1,96	2,59	2,07	2,68	2,43

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-19– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 2 Verão

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2a	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
3a	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
4a	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
5a	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
6a	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
Sábado	1	1	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Quadro 5-20– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 2 Verão

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
2a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sábado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Quadro 5-21 – Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 2 Verão

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
2a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sábado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

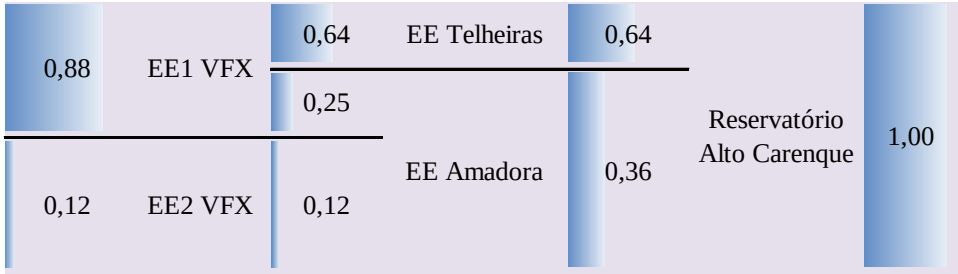
Quadro 5-22– Custos para a simulação do Cenário 2 - Verão

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	222868,68
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	222868,68

Considerando o modelo de simulação para o Inverno, tem-se que em média são elevados 65000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Utilizando a máxima capacidade de elevação na EE Telheiras, é assegurado 64% deste volume e os restantes 36% provém da EE Amadora.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-23– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 2 - Inverno



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-24– Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 2 Inverno

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	1,99	5,48	2,56	2,70	1,90	2,60	2,13
2a	2,56	2,08	5,77	2,68	2,13	1,75	3,88	2,79
3a	2,68	2,20	5,89	2,79	2,79	2,05	3,79	2,70
4a	2,79	2,12	6,00	2,54	2,70	1,97	3,77	2,98
5a	2,54	2,05	5,75	2,65	2,98	2,23	3,98	2,79
6a	2,65	1,97	5,86	2,13	2,79	2,05	3,82	3,03
Sábado	2,13	1,96	5,52	1,96	3,03	2,44	3,05	2,61

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-25– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 2 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
2a	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
3a	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
4a	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
5a	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
6a	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Sábado	1	1	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	

Quadro 5-26– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 2 Inverno

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
2a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	
3a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	
4a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	
5a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	
6a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	1	1	
Sábado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Quadro 5-27– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 2 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
2a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sábado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

Quadro 5-28 – Custos para a simulação do Cenário 2 - Inverno

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	155583,76
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	155583,76

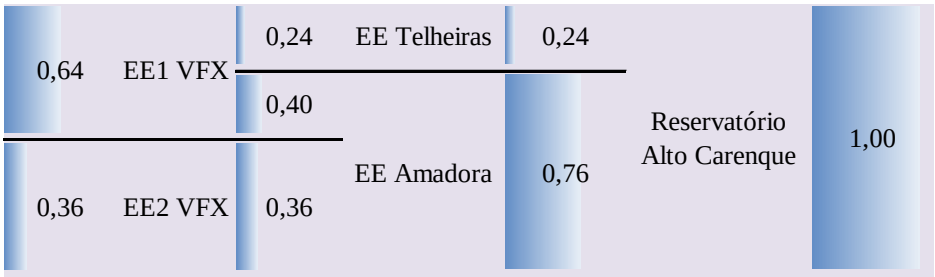
5.2.3. CENÁRIO 3 –MAIOR ELEVAÇÃO NOS PERÍODOS VAZIO E SUPERVAZIO

Para o Cenário 3, considera-se prioritária a máxima utilização de ambas as estações elevatórias nos períodos de Vazio e Supervazio, elevando-se o restante volume necessário ao abastecimento em período de Cheia.

Considerando o modelo de simulação para o Verão, tem-se que em média são elevados 96000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Maximizando a elevação nos períodos de Vazio e Supervazio tem-se que 76% deste volume provém da EE Amadora e os restantes 24% são elevados pela EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-29– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 3 - Verão



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-30– Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 3 Verão

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	2,03	5,67	2,10	3,00	2,17	3,23	2,95
2a	2,10	1,71	5,97	1,97	2,95	2,13	3,05	2,95
3a	1,97	1,72	5,98	1,98	2,95	2,12	3,04	2,94
4a	1,98	1,73	5,98	1,99	2,94	2,11	3,03	2,93
5a	1,99	1,73	5,99	1,99	2,93	2,10	3,02	2,92
6a	1,99	1,74	6,00	2,00	2,92	2,09	3,01	2,91
Sábado	2,00	1,96	5,78	1,96	2,91	2,08	3,04	3,01

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-31– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 3 Verão

Amadora - Carenque

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
2a	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3a	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4a	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5a	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
6a	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sábado	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Quadro 5-32– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 3 Verão

Telheiras - Carenque

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2a	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
3a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
4a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
5a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
6a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Sábado	3	3	3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	

Quadro 5-33– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 3 Verão

Telheiras - Amadora

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
3a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
4a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
5a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
6a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

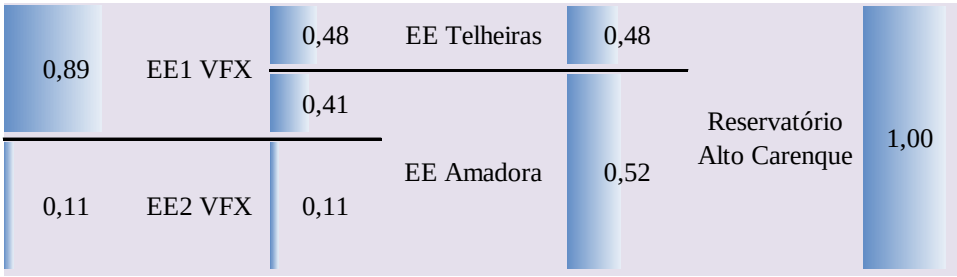
Quadro 5-34– Custos para a simulação do Cenário 3 - Verão

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	226444,53
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	226444,53

Considerando o modelo de simulação para o Inverno, tem-se que em média são elevados 65000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Maximizando a elevação nos períodos de Vazio e Supervazio tem-se que 52% deste volume provém da EE Amadora e os restantes 48% são elevados pela EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-35– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 3 - Inverno



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-36– Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 3 Inverno

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	2,05	5,72	2,09	2,70	1,90	2,57	2,41
2a	2,09	2,00	5,95	2,00	2,41	1,88	2,55	2,55
3a	2,00	2,00	6,05	2,29	2,55	1,90	2,57	2,57
4a	2,29	2,20	6,15	2,20	2,57	1,91	2,59	2,54
5a	2,20	2,11	6,06	2,11	2,54	1,88	2,56	2,56
6a	2,11	2,03	5,98	2,03	2,56	1,90	2,58	2,58
Sábado	2,03	1,95	5,87	1,95	2,58	2,44	3,14	2,71

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-37– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 3 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
2a	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
3a	1	1	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
4a	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
5a	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
6a	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	

Quadro 5-38– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 3 Inverno

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2a	1	1	3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
3a	1	1	3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
4a	1	1	3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
5a	1	1	3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
6a	1	1	3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
Sábado	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Quadro 5-39– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 3 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

Quadro 5-40– Custos para a simulação do Cenário 3 - Inverno

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	156210,76
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	156210,76

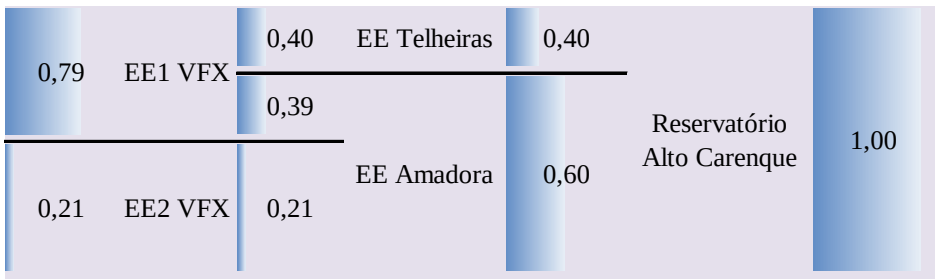
5.2.4. CENÁRIO 4 – CONSIDERAR O DOBRO DO VOLUME DE RESERVA EM ALTO CARENQUE

Para o Cenário 4, considera-se uma abordagem diferente das anteriores, pois a simulação é feita com base numa capacidade de reserva em Alto Carenque igual ao dobro da existente, a fim de perceber se existiriam ganhos em proceder a essa duplicação de reserva. Para a estratégia de simulação tem-se por base o conceito explorado no Cenário 3 em que são aproveitados os períodos de Vazio e Supervazio para elevar o maior volume possível.

Considerando o modelo de simulação para o Verão, tem-se que em média são elevados 96000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Maximizando a elevação nos períodos de Vazio e Supervazio tem-se que 60% deste volume provém da EE Amadora e os restantes 40% são elevados pela EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-41– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 4 - Verão



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-42– Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 4 Verão

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	2,03	4,63	3,76	3,00	2,16	3,22	3,00
2a	3,76	3,40	6,14	3,40	2,78	1,72	3,40	3,16
3a	3,40	3,03	5,78	3,03	2,94	1,88	3,44	3,20
4a	3,03	2,67	5,42	2,67	2,97	1,92	3,48	3,24
5a	2,67	2,31	5,05	2,31	3,01	1,95	3,40	3,16
6a	2,31	1,94	4,69	1,94	2,93	1,87	3,43	3,19
Sábado	1,94	1,94	4,30	2,09	3,09	2,14	3,28	2,99

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-43– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 4 Verão

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6a	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sábado	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	

Quadro 5-44– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 4 Verão

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
2a	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3a	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4a	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5a	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6a	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sábado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Quadro 5-45– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 4 Verão

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
6a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

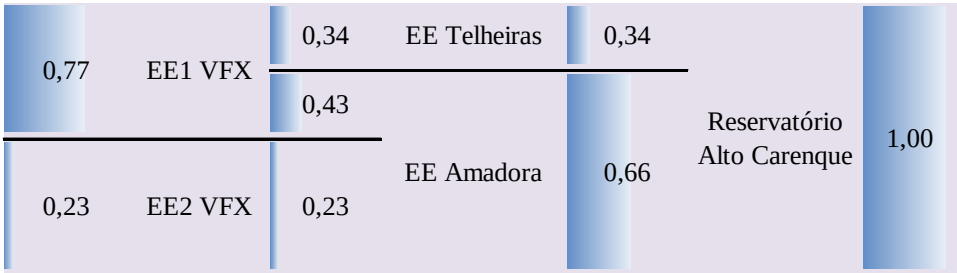
Quadro 5-46– Custos para a simulação do Cenário 4 - Verão

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	227658,77
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	227658,77

Considerando o modelo de simulação para o Inverno, tem-se que em média são elevados 65000 m^3 por dia para o reservatório Alto Carenque. Maximizando a elevação nos períodos de Vazio e Supervazio tem-se que 66% deste volume provém da EE Amadora e os restantes 34% são elevados pela EE Telheiras.

No esquema seguinte apresenta-se a origem de volume de água em percentagem:

Quadro 5-47– Percentagem de Volume referente à sua origem para o Cenário 4 - Inverno



De seguida apresentam-se as condicionantes e limites respeitantes à estratégia de otimização para este cenário, onde estão assinaladas com ausência de cor as ocorrências que se afastam dos valores normais de exploração mas que ainda assim se enquadram dentro dos limites máximos para a mesma.

Quadro 5-48– Evolução semanal dos níveis nos reservatórios de Alto Carenque e Amadora – Cenário 4 Inverno

	Alto Carenque				Amadora			
	Inicial	Mínimo	Máximo	Final	Inicial	Mínimo	Máximo	Final
Domingo	2,00	1,99	3,76	3,10	2,90	2,49	2,93	2,58
2a	3,10	2,97	6,07	2,97	2,58	1,99	3,10	2,60
3a	2,97	2,85	5,94	2,85	2,60	2,08	3,09	2,59
4a	2,85	2,72	5,81	2,72	2,59	2,08	3,09	2,59
5a	2,72	2,59	5,69	2,59	2,59	2,08	3,09	2,59
6a	2,59	2,46	5,56	2,46	2,59	2,07	3,08	2,58
Sábado	2,46	2,06	5,46	2,06	2,58	2,06	3,27	2,91

Apresenta-se então a folha de cálculo onde são inseridas as opções de exploração em cada estação elevatória perfazendo um ciclo semanal.

Quadro 5-49– Opções de exploração semanal para a elevação Amadora-Alto Carenque – Cenário 4 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = 3 Grupos

Amadora - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2a	2	2	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
3a	2	2	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
4a	2	2	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
5a	2	2	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
6a	2	2	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
Sábado	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	

Quadro 5-50– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Alto Carenque – Cenário 4 Inverno

1 = 1 Grupo Grande ; 2 = 1 Grupo Pequeno ; 3 = 1 Grupo Gr. + 1 Grupo peq.

Telheiras - Carenque

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
2a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6a	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sábado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3	

Quadro 5-51– Opções de exploração semanal para a elevação Telheiras-Amadora – Cenário 4 Inverno

1 = 1 Grupo ; 2 = 2 Grupos ; 3 = Regime Livre

Telheiras - Amadora

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domingo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6a	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sábado	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Este regime de exploração resulta num custo total de:

Quadro 5-52– Custos para a simulação do Cenário 4 - Inverno

Descrição	Euros/mês
Custo de Elevação pelo **Termo de Energia Variável** englobando EE1 e EE2 em VFX, EE Telheiras e EE Amadora	156824,70
Custo pelo consumo de **Potência em Horas de Ponta**	0,00
CUSTO TOTAL	156824,70

Dentro deste Cenário de Simulação resta estimar o volume de investimento inerente à proposta de duplicação de reserva em Alto Carenque.

De modo a realizar uma análise comparativa, entre cada um dos cenários propostos, é necessário incluir na equação referente ao Cenário 4 o custo com a construção de um novo reservatório. Neste contexto, a estimativa dos custos é efetuada com base na reta de regressão obtida com base nos custos obtidos para reservatórios que se apresenta na Figura 5–3 (Lencastre, 2003).

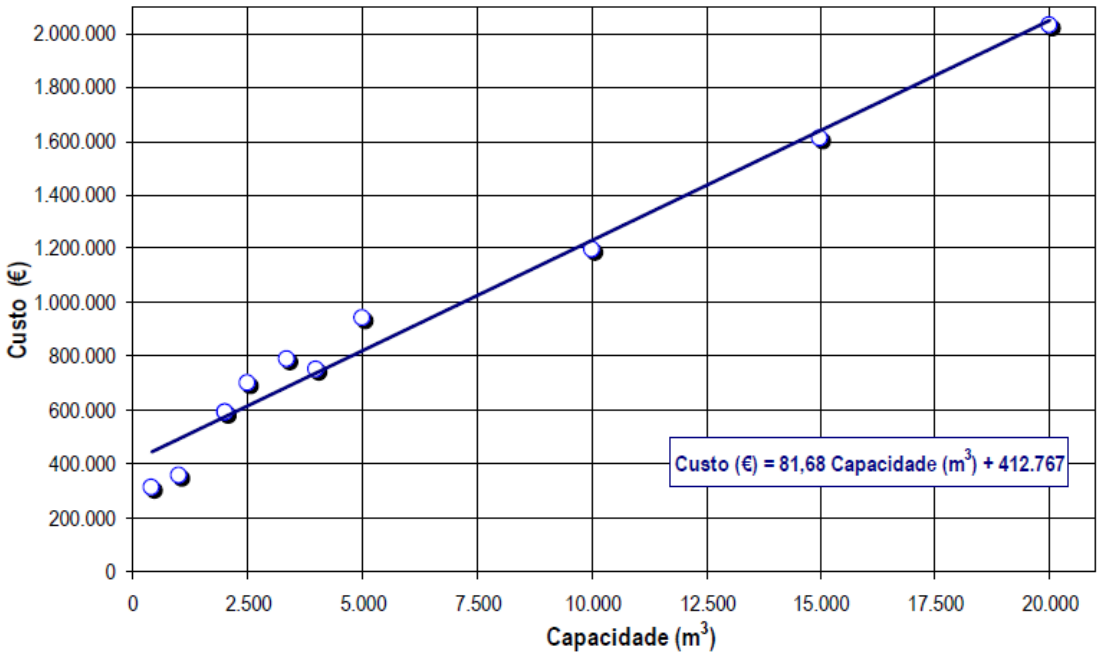


Figura 5-3– Custo dos reservatórios Apoiados - valores atualizados a 2004 (Lencastre 2003)

Os valores atualizados (3% ao ano) para reservatórios de volume superior a 5000 m^3 foram retirados de Lencastre (2003) e referem-se aos custos de reservatórios registados no Plano Diretor da EPAL de 1998.

Considerando uma capacidade de 28000 m^3 para o reservatório a construir, e seguindo com a mesma percentagem para a atualização de valores, obtém-se um custo de aproximadamente três milhões e quinhentos mil euros (€ 3.500.000,00).

5.2.5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresenta-se então um resumo dos resultados obtidos através dos diferentes cenários simulados. No seguinte resumo poder-se-á comparar a origem dos volumes elevados resultante das opções de exploração e os custos mensais finais inerentes às mesmas.

Nos campos de 'Custo Total em €' e 'Ganho %' difere-se por gradiente de cor os valores, sendo para o 'Custo Total em €', o valor mais alto equivalente ao Vermelho e o mais baixo equivalente ao Verde por representar o mais económico. Para o 'Ganho %' o gradiente vai de cor Branca para um ganho igual a zero e Verde para o valor percentual mais elevado relativamente ao Cenário Atual.

Quadro 5-53–Resultados obtidos pelo Modelo de Simulação para um mês na Época de Verão

	Cenário Actual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
% do Volume total elevado por:	Verão				
EE Amadora	68	94	54	76	60
EE Telheiras	32	6	46	24	40
EE1 VFX	58	53	69	64	79
EE2 VFX	42	47	31	36	21
Custo Total em €	233451,09	229179,47	222868,68	226444,53	227658,77
Ganho %		1,83	4,53	3,00	2,48

Para a época de Verão apresenta-se como mais económico o Cenário 2 onde é utilizada a máxima capacidade de elevação da EE Telheiras ficando a EE Amadora responsável pelo restante volume, necessário ao consumo do reservatório Alto Carenque.Este cenário corresponde a um decréscimo controlado do nível em Alto Carenque na ordem dos 9 cm por dia, correspondente a uma perda de reserva de cerca de 400 m^3 por dia, sendo que a maior perda de reserva acontece no Sábado de modo a aproveitar as vantagens de elevação no dia de Domingo.

O Cenário 2 apresenta um ganho mensal na ordem dos dez mil e quinhentos euros (€ 10.500,00) em relação ao cenário atual simulado. Estima-se então um ganho anual de setenta e três mil e quinhentos euros (€ 73.500,00) correspondente aos 7 meses que consistem a Época de Verão.

Quadro 5-54– Resultados obtidos pelo Modelo de Simulação para a Época de Inverno

	Cenário Actual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
% do Volume total elevado por:	Inverno				
EE Amadora	66	91	36	52	66
EE Telheiras	34	9	64	48	34
EE1 VFX	86	71	88	89	77
EE2 VFX	14	29	12	11	23
Custo Total em €	196452,81	160606,16	155583,76	156210,76	156824,7
Ganho %		18,25	20,80	20,48	20,17

Para a época de Inverno também é o Cenário 2 de simulação que se apresenta como o mais económico onde, como já foi referido, é utilizada a máxima capacidade de elevação da EE Telheiras ficando a EE Amadora responsável pelo restante volume, necessário ao consumo do reservatório Alto Carenque. Este cenário corresponde a uma variação de nível diária na ordem dos 17 cm, positiva e negativa alternadamente mantendo a mesma ordem de grandeza. Esta variação de nível corresponde a uma variação de reserva de cerca de 780 m^3 por dia, sendo que a maior perda de reserva acontece na Sexta-feira, de modo a aproveitar as vantagens de elevação no decorrer do Fimde semana.

O Cenário 2 apresenta um ganho mensal na ordem dos quarenta mil e oitocentos euros (€ 40.800,00) em relação ao cenário atual simulado. Estima-se então um ganho anual de duzentos e quatro mil euros (€ 204.000,00) correspondente aos 5 meses que consistem a Época de Inverno.

Importante referir também a diferença presente nos ganhos entre as duas épocas em estudo, pois como é notório, os ganhos são maiores em cerca de 17% para a época de Inverno, o que reflete a margem que existe para melhoria na otimização de exploração nesta época.

Na escolha de utilização do Cenário 2 para exploração em ambas as épocas, Verão e Inverno, estima-se um ganho anual total na ordem dos duzentos e setenta e sete mil e quinhentos euros (€ 277.500,00) relativamente ao cenário atual simulado, elevando o mesmo volume garantindo assim as necessidades de consumo.

Uma nota também em relação ao Cenário 4 que não apresenta vantagens em relação ao Cenário 2 nem vantagens significativas em relação aos restantes cenários de simulação, mesmo representando um cenário onde é duplicada a capacidade de reserva no reservatório de Alto Carenque. Efetuada esta análise, é percetível que duplicando a capacidade de reserva no reservatório de Alto Carenque não elimina a limitação existente, e que essa limitação se prende com os consumos horários de grandeza elevada, onde não se justifica aumentar a capacidade de reserva mas sim garantir a elevação de forma regular e maximizada nos períodos de Vazio e Supervazio.

De referir também que os valores limite para o nível no reservatório mantêm-se, mesmo tendo o dobro do volume da reserva, pois duplicando a reserva duplica apenas a reserva útil entre os 2,00m e os 6,00m.

A construção de um novo reservatório de características idênticas ao existente em Alto Carenque, com cerca de 28000 m^3 de capacidade total, representa apenas um aumento de reserva na ordem dos 18000 m^3. Este aumento de volume de reserva não é significativo o suficiente uma vez que se trata de um reservatório que está sujeito a consumos horários de

cerca de 4000 m^3. É percetível também que a capacidade de elevação conjunta entre a EE Amadora e a EE Telheiras são suficientes para a capacidade de reserva duplicada e que essa não seria uma limitação.

Mas quando se procura a capacidade de reserva ideal, a título de exercício, de modo a que seja possível diminuir o processo de elevação nos períodos de tarifa de Cheia, conclui-se que essa opção nunca se tornaria válida pois encontra primeiro a limitação da capacidade de elevação do que atinge a reserva ideal que permitiria evitar os períodos com tarifa mais elevada.Foi simulado um cenário de exploração que contava com um reservatório em Alto Carenque com uma capacidade de 180000 m^3 de capacidade total. Este volume permite fazer face, de forma confortável aos consumos diários na ordem dos 96000 m^3 pois representa uma reserva útil de cerca de 115000 m^3, mas neste cenário a capacidade de elevação nas 2 Estações Elevatórias mostrou-se insuficiente para manter os níveis limites de exploração, nos períodos de tarifa mais reduzida.

Resta então compreender a capacidade total de elevação para o reservatório de Alto Carenque, sem utilizar a bombagem em período de Cheia ou Ponta.

Quadro 5-55 – Comparação de capacidade de Elevação/Consumo para o reservatório de Alto Carenque

[m^3]	Elevação Total	Consumo Total	Variação
Domingo	164160,0	96057,1	68102,9
Segunda-feira	47880,0	97107,0	-49227,0
Terça-feira	47880,0	97107,0	-49227,0
Quarta-feira	47880,0	97107,0	-49227,0
Quinta-feira	47880,0	97107,0	-49227,0
Sexta-feira	47880,0	97107,0	-49227,0
Sábado	116280,0	95017,7	21262,3

A elevação necessária de um volume de cerca de 49000 m^3 em períodos de Cheia ou Ponta resulta num custo similar ou superior ao resultante das simulações com a capacidade de reserva existente de 28000 m^3.

Ainda neste contexto, é importante referir a relação custo/benefício na construção de um novo reservatório.

Começa-se por estimar então um ganho anual de cerca de quarenta mil e quinhentos euros (€ 40.500,00) correspondente aos 7 meses que consistem a Época de Verão. Para os 5 meses que consistem a Época de Inverno, estima-se um ganho anual de aproximadamente cento e noventa e oito mil euros (€198.000,00), o que perfaz um total de ganhos anuais de duzentos e trinta e oito mil e quinhentos euros (€238.500,00). Acrescentando a esta equação os três

milhões e quinhentos mil euros (€3.500.000,00) referentes ao investimento na construção do novo elemento, calcula-se então o período de retorno do investimento.

Pelas seguintes fórmulas, onde *F* é o fator de atualização para uma taxa de atualização*a* e um horizonte temporal de *n*:

$$F = \frac{1 - (1 + a)^{-n}}{a}$$

[5.1]

Considera-se que o período de retorno do investimento é um indicador que pode ser considerado como o intervalo de tempo decorrido até à recuperação do custo inicial de um investimento. Note-se que, quanto mais curto for o período de retorno, maior será a poupança face ao investimento efetuado (Brito, 2010).

O período de retorno do investimento pode ser calculado considerando*Ci* como Custo inicial e *Cd* como Custo diferido:

$$Ci = F \times Cd$$

[5.2]

Substituindo a expressão [5.1] em [5.2], obtém-se:

$$n = -\frac{\log_{10}\left(1 + \frac{Ci}{Cd} \times a\right)}{\log_{10}(1 + a)}$$

[5.3]

Aplicando a expressão [5.3] com uma taxa de 3%, igual à taxa já utilizada na reta de regressão apresentada anteriormente, obtém-se um Período de Retorno do Investimento de 12 anos.

Este dado vem fechar o conteúdo da proposta presente no Cenário 4, como mais um dado informativo do referente cenário de simulação. Não se considera como dado decisivo uma vez que se obtiveram melhores resultados sem qualquer investimento inicial.

5.2.6. EXERCÍCIO FINAL – CUSTO DE ADUÇÃO PARA 1000 M3

Um dospercursos possíveis no abastecimento ao reservatório de Alto Carenque é a elevação na EE 2 de Vila Franca de Xira para o Adutor de Circunvalação e posterior elevação na EE Amadora como demonstrado no esquema seguinte, Figura 5–4.

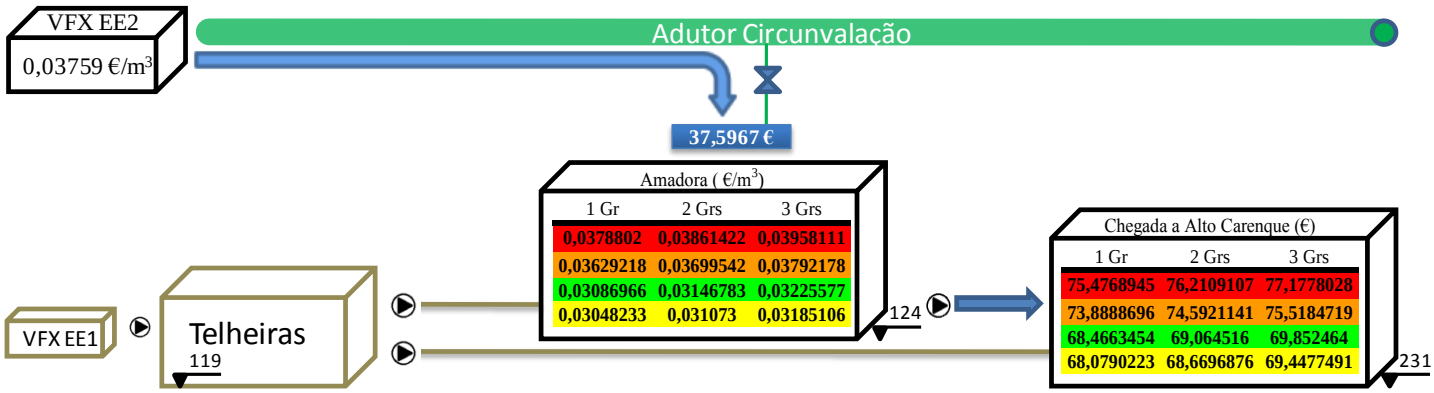


Figura 5-4 – Esquema representativo para o percurso de adução EE2 VFX – EE Amadora – R. Alto Carenque

Para um caudal de 1000 m^3 obtém-se um custo de € 39,5967 na chegada ao reservatório de Amadora com base no custo específico estimado para a EE2 de VFX que engloba uma média para a elevação nas diferentes tarifas ao longo do ciclo diário. Na chegada ao reservatório Alto Carenque tem-se uma matriz de valores correspondente ao custo de chegada de 1000 m^3 nos diferentes períodos horários que são constituídos pela elevação em VFX mais a elevação em Amadora.

O seguinte percurso possível no abastecimento ao reservatório de Alto Carenque é a elevação na EE 1 de Vila Franca de Xira para o reservatório de Telheiras, seguido de elevação na EE Telheiras para o reservatório da Amadora e posterior elevação para Alto Carenque que se apresenta na Figura 5–5.

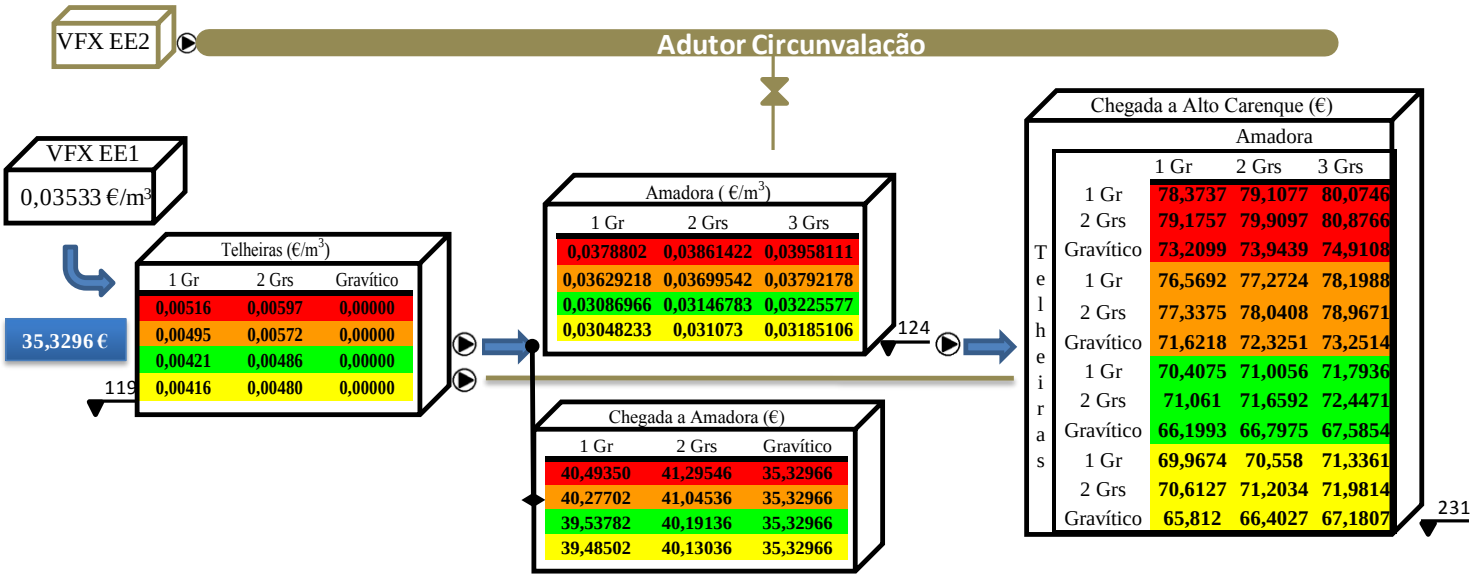


Figura 5-5 – Esquema representativo para o percurso de adução EE1 VFX – EE Telheiras – EE Amadora – R. Alto Carenque

Para um caudal de 1000 m^3 obtém-se um custo de € 35,3296 na chegada ao reservatório de Telheiras com base no custo específico estimado para a EE1 de VFX que engloba uma média para a elevação nas diferentes tarifas ao longo do ciclo diário. Na chegada ao reservatório Amadora tem-se uma matriz de valores correspondente ao custo de chegada de 1000 m^3 nos diferentes períodos horários que são constituídos pela elevação em VFX mais a elevação em Telheiras. Na chegada ao reservatório Alto Carenque apresenta-se uma matriz mais complexa onde estão presentes as opções para a elevação ao longo de todo o percurso.

Por último o percurso possível para o abastecimento ao reservatório de Alto Carenque é a elevação na EE 1 de Vila Franca de Xira para o reservatório de Telheiras, seguido diretamente para Alto Carenque através da elevação da EE Telheiras como esquematiza a Figura 5–6.

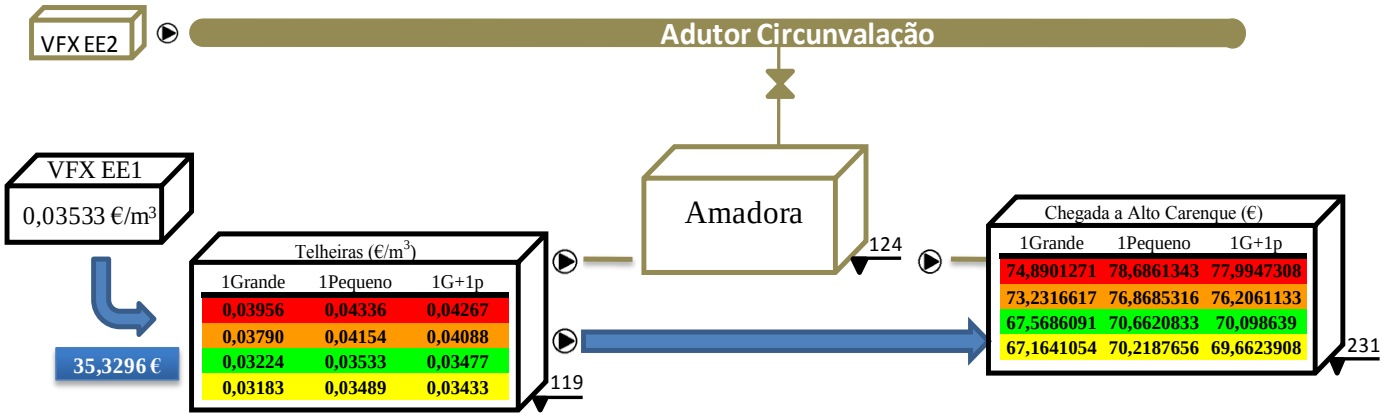


Figura 5-6– Esquema representativo para o percurso de adução EE1 VFX – EE Telheiras – R. Alto Carenque

Para um caudal de 1000 m^3 obtém-se um custo de € 35,3296 na chegada ao reservatório de Telheiras com base no custo específico estimado para a EE1 de VFX como já foi referido. Na chegada ao reservatório Alto Carenque tem-se uma matriz de valores correspondente ao custo de chegada de 1000 m^3 nos diferentes períodos horários que são constituídos pela elevação em VFX mais a elevação em Telheiras.

Através dos cenários simulados foi possível perceber que em média, 70% do volume abastecido ao reservatório Alto Carenque provém da EE1 de VFX. Mesmo com a simulação do Cenário 1 onde, preferencialmente a elevação é feita pela EE Amadora, a percentagem do volume com origem na EE1 de VFX manteve-se acima dos 50 %.

Apresenta-se então, na Figura 5–7, o cenário de abastecimento mais comum para os cenários simulados, com 70% dos 1000 m^3 com origem na EE1 de VFX e os restantes 30% pertencentes à elevação de EE2 de VFX.

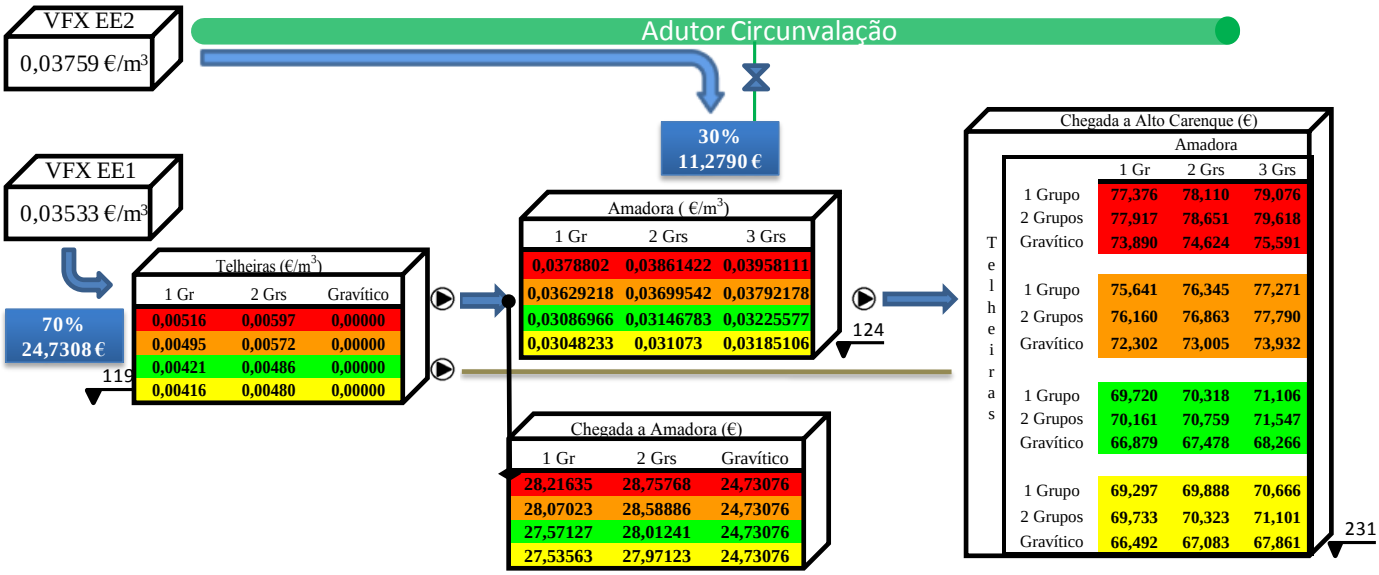


Figura 5-7– Esquema representativo para o percurso de adução repartido entre as duas EE em VFX

Para um caudal de 700 m^3 proveniente da EE1 de VFX obtém-se um custo de € 24,7308 na chegada ao reservatório de Telheiras. Na chegada ao reservatório da Amadora tem-se uma matriz de valores correspondente ao custo de chegada de 700 m^3 nos diferentes períodos horários que são constituídos pela elevação em VFX mais a elevação em Telheiras. Para um caudal de 300 m^3 com origem na elevação da EE2 de VFX obtém-se um custo de € 11,2790 na chegada ao reservatório de Amadora. Na chegada ao reservatório Alto Carenque tem-se uma matriz de valores correspondente ao custo de chegada de 1000 m^3 nos diferentes períodos horários que são constituídos pela elevação em VFX, [0,7*EE1 + 0,3*EE2], pela elevação em Telheiras para o reservatório da Amadora e de seguida pela elevação da EE Amadora para o reservatório de Alto Carenque.

6. CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÕES DO TRABALHO

O grande impacto económico proveniente da utilização da energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água tem levado a que as entidades gestoras deem cada vez mais atenção ao seu uso. A prática de ações que levem à redução do custo operacional de energia elétrica e seu uso mais eficiente tem-se tornado cada vez mais preponderante dentro das empresas do sector, o que eleva a importância das opções tomadas na exploração diariamente pelo Centro de Comando e na gestão de reservas previstas semanalmente ou mensalmente para fazer face aos consumos.

Foi objetivo deste trabalho apresentar um modelo de simulação capaz de simular a exploração do Subsistema de abastecimento ao reservatório de Alto Carenque, possibilitando o estudo de diferentes cenários de exploração na procura de um método mais regular, mais económico ou simplesmente caracterizar qualquer que seja o método escolhido.

A aplicação deste modelo com os diferentes cenários escolhidos, apresentados no capítulo 5, mostrou a importância de se ter uma forma de simular as mais variadas opções de exploração e prever os custos de utilização para cada uma dessas opções tomadas.

Torna possível também perceber se é realmente rentável o aumento da reserva na procura da otimização de custos com a elevação, que se mostrou ser uma solução pouco vantajosa. Esta solução apresenta uma redução de 2,5% nos custos em época de Verão e 20,2% em época de Inverno. Resultados semelhantes são obtidos sem aumentar a capacidade de reserva, logo consegue-se a mesma melhoria evitando os custos inerentes ao aumento de reserva com a construção de nova célula no reservatório existente.

Resulta também que a aplicação de ações para redução do custo operacional com energiaelétrica e eficiência energética com alterações no método de exploraçãopodem ser implantadas sem nenhum investimento e com grandeimpacto na redução dos custos com energia;

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Com a realização deste trabalho foi possível identificar algumas direçõesde futuras investigações, visto que o mesmo não esgota os assuntos neleabordados. Algumas delas são salientadas em seguida:

- Consolidação de um programa de eficiência energética utilizando um modelo de simulação com a contribuição que a modelação matemática de programação linear pode dar.
- Modelação automatizada com a opção de arranque ou paragem de grupos eletrobomba poderá oferecer algumas sugestões de otimização.

Esta ferramenta enquadra-se no âmbito da gestão de uma parte do Sistema de Abastecimento EPAL, logo fica também idealizada para desenvolvimento futuro a aplicação deste modelo a todo o sistema de abastecimento, em que as previsões estimadas de hoje em dia passariam a factos e ações controladas previamente, pela entidade gestora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, António Betâmio; MARTINS, Sandra de Carvalho; *Controlo Hidráulico – Operacional de Sistemas Adutores*; EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres; 1ª Edição; 1999.

APOLINÁRIO, I.; FELIZARDO, N.; GARCIA, A. Leite; OLIVEIRA, P.; TRINDADE, A.; VASCONCELOS, J.; VERDELHO, P..; *Localização adequada de períodos horários para efeitos tarifários – Aplicação ao Sistema elétrico de Portugal Continental*; ERSE, Entidade Reguladora dos Serviços EnergéticosDireção de Tarifas e Preços; 2006.

BRITO, Raquel Maia; Avaliação de Custos Associados à Melhoria da Classe Energética de Moradias; Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico (UTL), Lisboa, 2010.

CUNHA, Maria da Conceição; *Water Systems Planning: The Optimization Perpective*; Taylor & Francis Group, 2003

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ERSE) – *Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2008*. Lisboa, Dezembro 2007.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ERSE) – *Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2009*. Lisboa, Dezembro 2008.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ERSE) – *Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2010*. Lisboa, Dezembro 2009.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ERSE) – *Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2011*. Lisboa, Dezembro 2010.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ERSE) – *Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2012*. Lisboa, Dezembro 2011.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ERSE) – *Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2013*. Lisboa, Dezembro 2012.

EPAL e os Municípios; EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres; Lisboa; 2010.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M.; *Lições de Hidrologia*; Fundação FCT, Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa; 3ª Edição; 2006.

LENCASTRE, Armando; *Hidráulica Urbana e Industrial – Memórias Técnicas vol. II*; LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Edição 2003.

LOUCKS, Daniel P.; GLADWELL, John S.; Sustainability Criteria for Water Resource Systems – International Hydrology Series; Press Syndicate Of The University Of Cambridge, UNESCO, 1999.

LOUREIRO, D.; Metodologias de análise de consumos para a gestão eficiente de sistemas de distribuição de água; Tese Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico (UTL), Lisboa, 2010.

MAYS, Larry W.; *Water Distribution Systems Handbook*; McGraw-Hill, 1999

NETO, Mario de Sousa Araujo; Medidas de Eficiência Energética em Serviços de Distribuição de Água e Saneamento; Tese Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, 2008.

Plano de Segurança da Água, EPAL, Lisboa; 2011.

Plano Diretor de Desenvolvimento do Sistema de Abastecimento da EPAL; Lisboa; 2000.

RAMOS, Lígia B.; ABREU, José M.; *Reflexões sobre Bases de Dimensionamento de Sistemas Adutores*; Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos - 6º Congresso da Água, 2006

Relatório de Sustentabilidade, EPAL, Lisboa; 2011.

Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento do Sistema de Produção e Transporte da EPAL; Lisboa; 2006.

SÍTIOS DA INTERNET

http://www.tycoflowcontrol-eu.com(http://valves.pentair.com/valves/(Novembro de 2012)

http://users.isr.ist.utl.pt/~pjcro/courses/api0910/Sem_A5.pdf (Outubro de 2012)

http://www.epal.pt

Arquivo de imagens EPAL; Base de Dados Partilhada por Intranet

ANEXOS

ANEXO I – CONSUMO DO RESERVATÓRIO ALTO CARENQUE

Para os SMAS de Sintra tem-se:

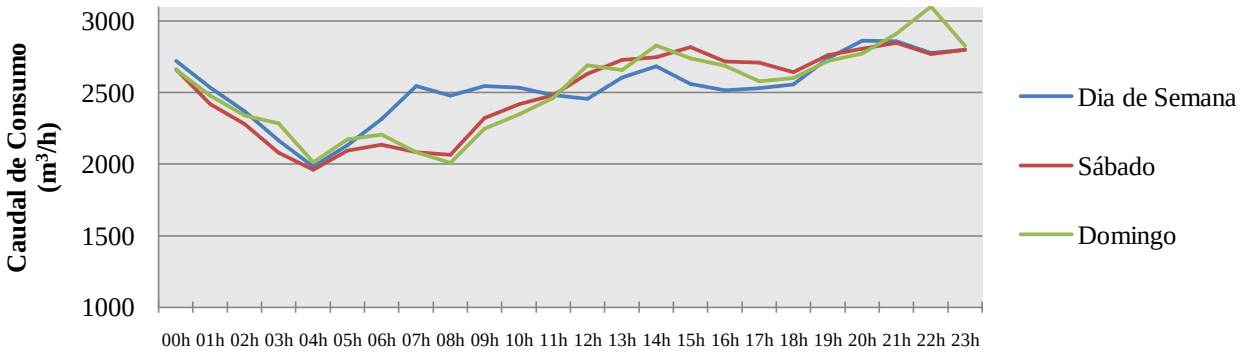


Figura 0-1 – Consumo Mercês – Verão

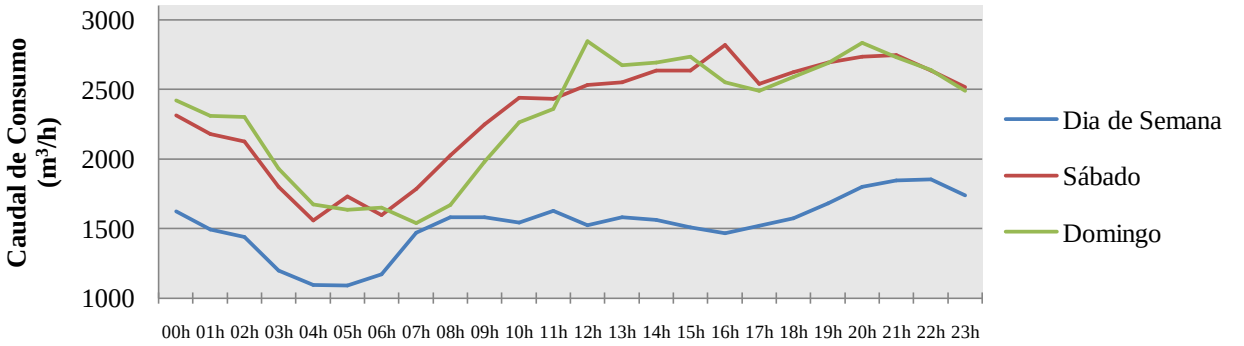


Figura 0-2 – Consumo Mercês – Inverno

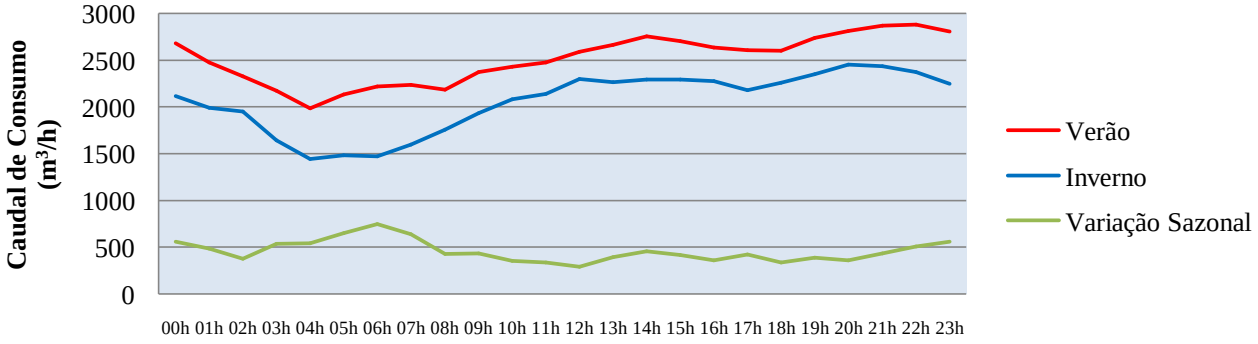


Figura 0-3 – Consumo Médio Sazonal - Mercês

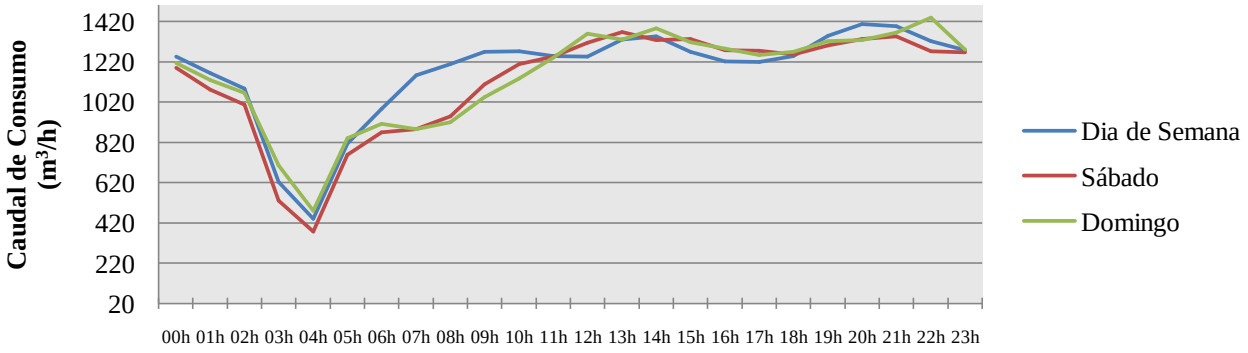


Figura 0-4 – Consumo Pendão - Verão

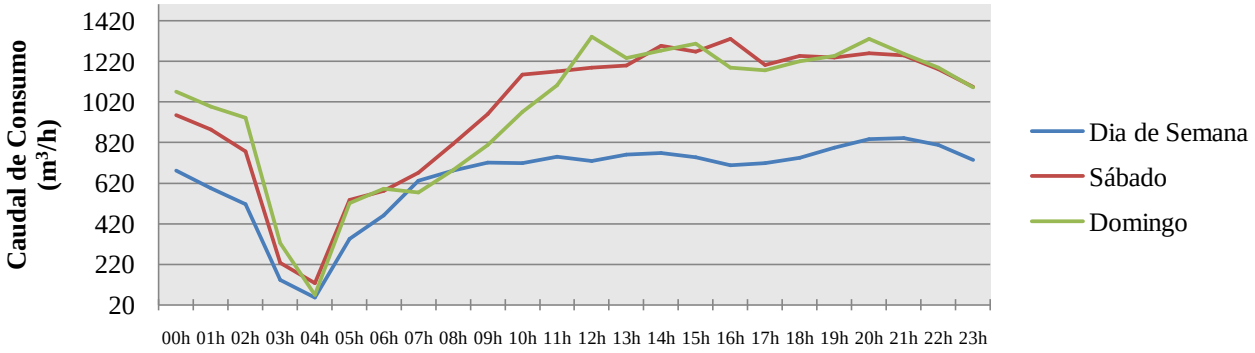


Figura 0-5– Consumo Pendão - Inverno

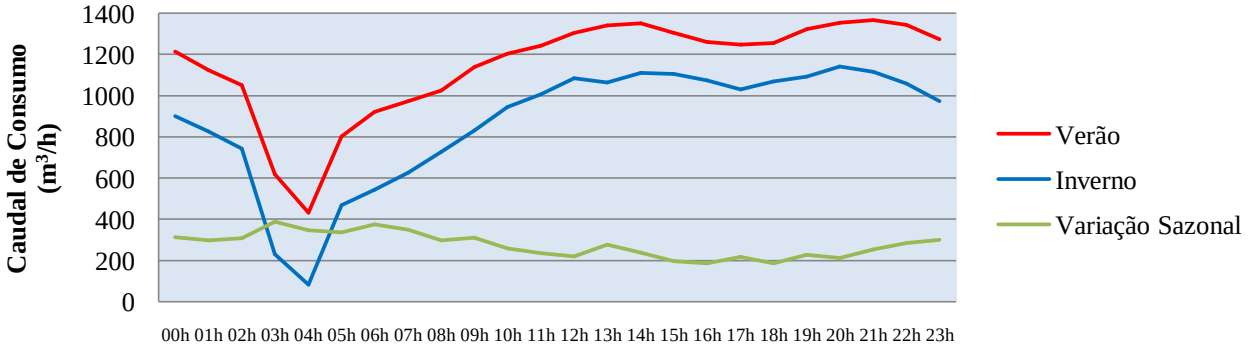


Figura 0-6 – Consumo Médio Sazonal - Pendão

Para os SMAS da Amadora tem-se que:

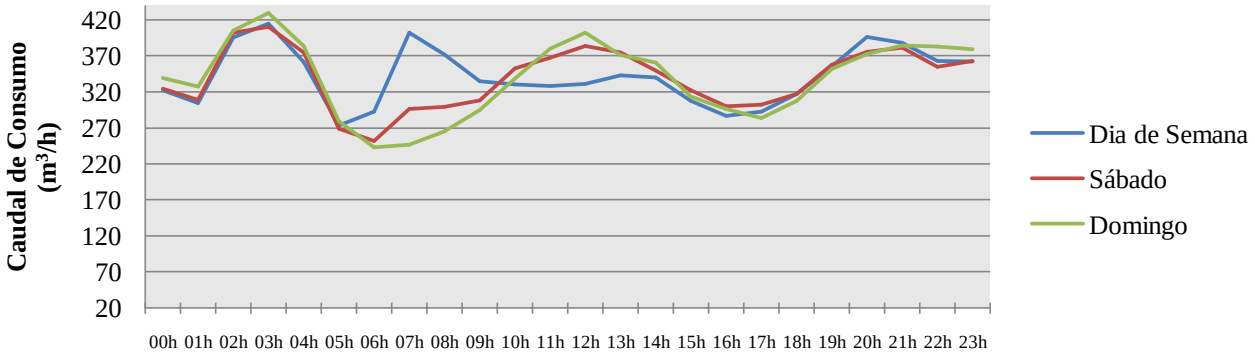


Figura 0-7 – Consumo Moinhos da Funcheira - Verão

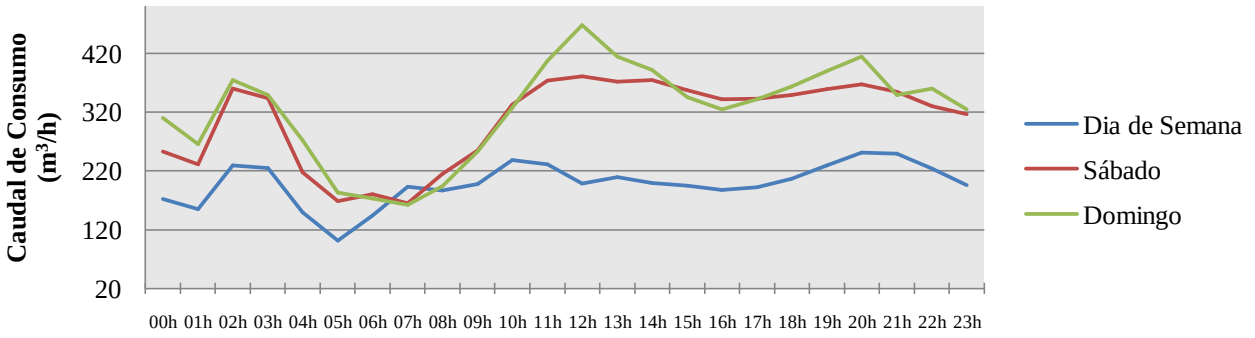


Figura 0-8 – Consumo Moinhos da Funcheira - Inverno

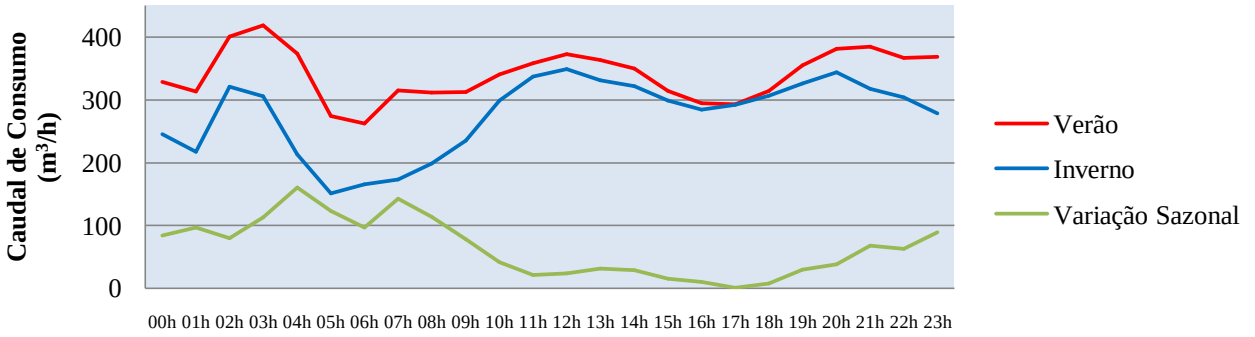


Figura 0-9 – Consumo Médio Sazonal – Moinhos da Funcheira

ANEXO II – CONSUMO NA LIGAÇÃO TELHEIRAS – AMADORA (JUSANTE)

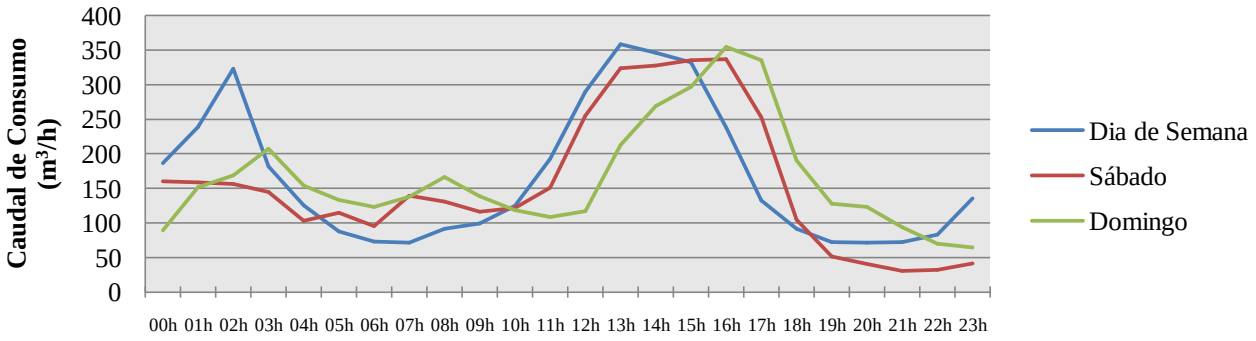


Figura 0-1 – Consumo PE Brandoa – Verão

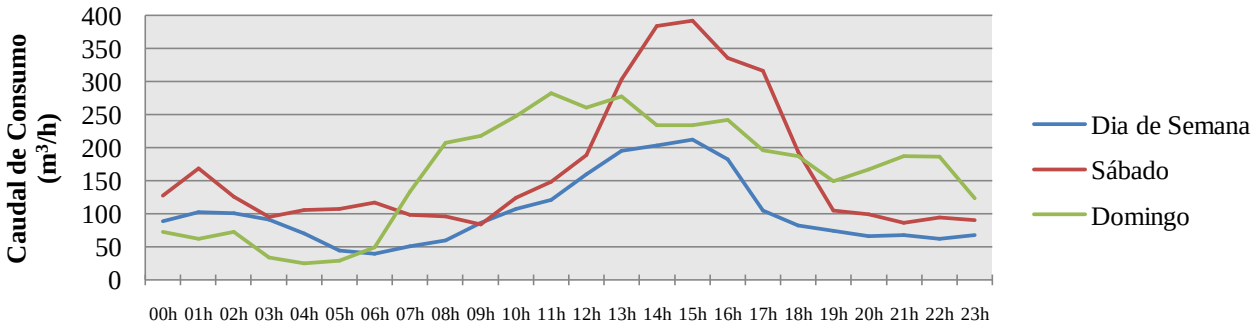


Figura 0-2 – Consumo PE Brandoa - Inverno

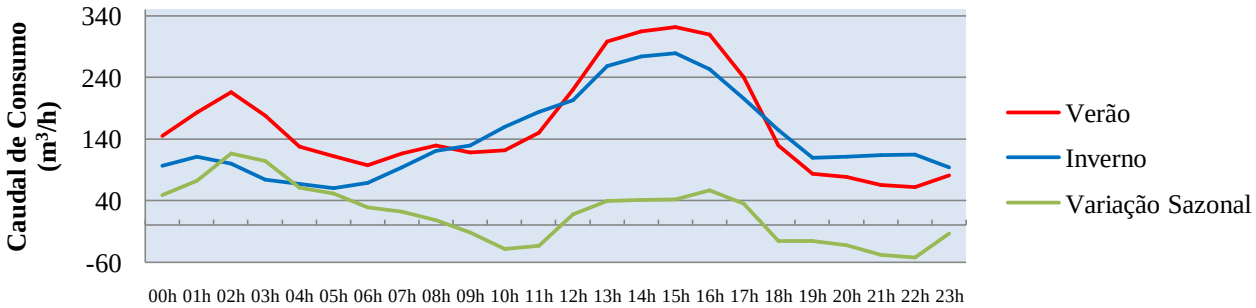


Figura 0-3 – Consumo Médio Sazonal – PE Brandoa

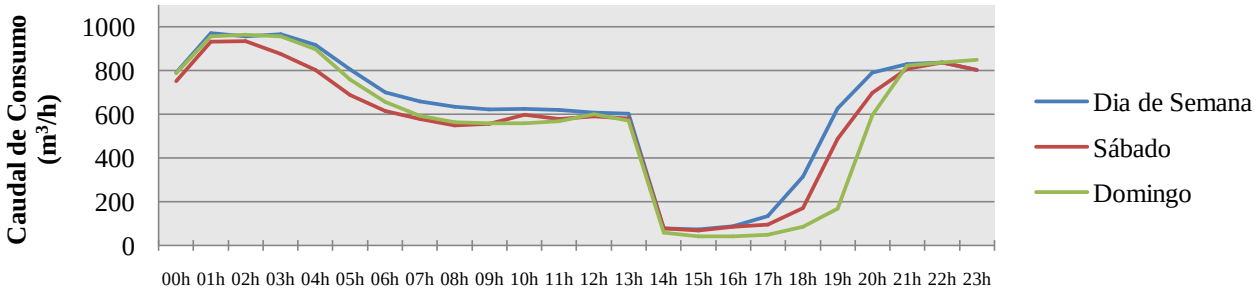


Figura 0-4 – Consumo EE Passarinhos - Verão

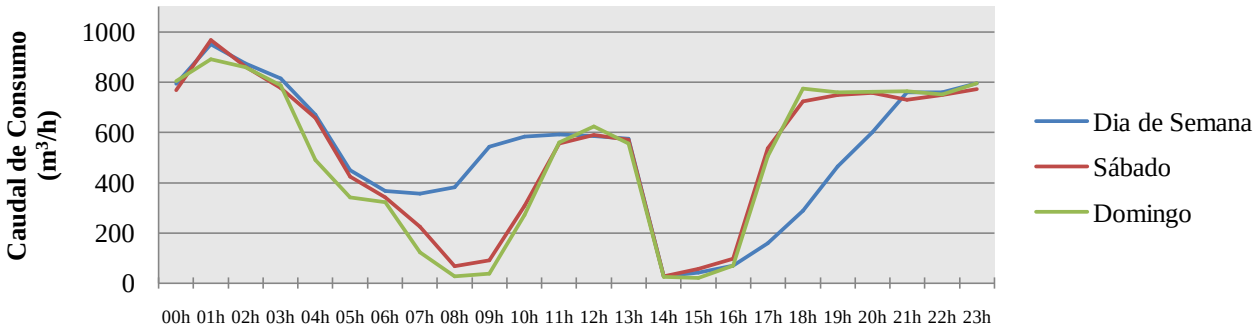


Figura 0-5– Consumo EE Passarinhos - Inverno

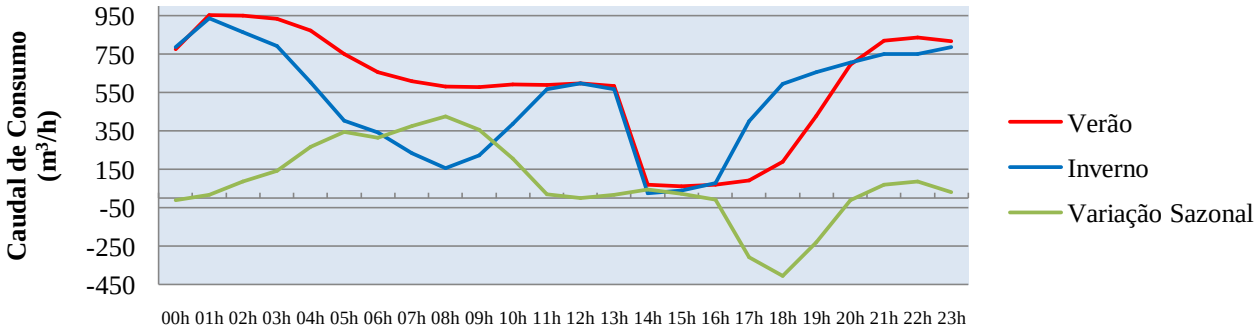


Figura 0-6 – Consumo Médio Sazonal – EE Passarinhos

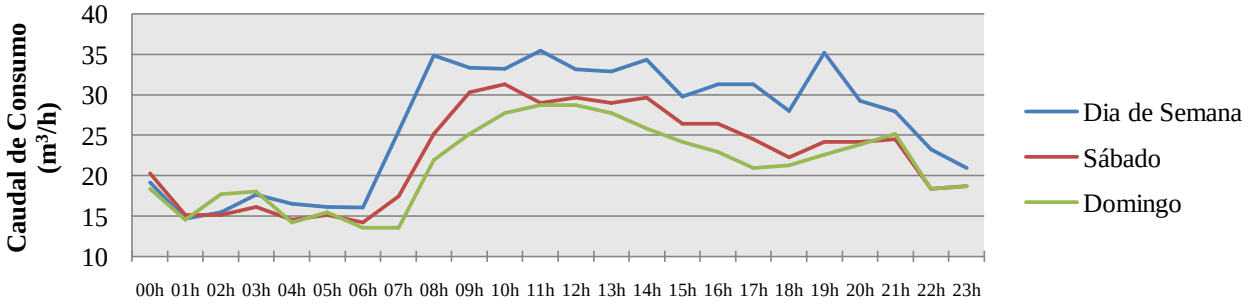


Figura 0-7 – Consumo PE Venda Nova - Verão

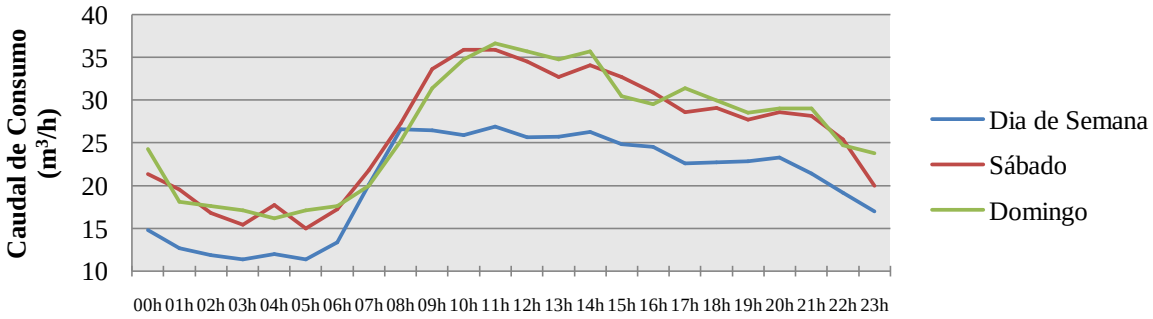


Figura 0-8– Consumo PE Venda Nova - Inverno

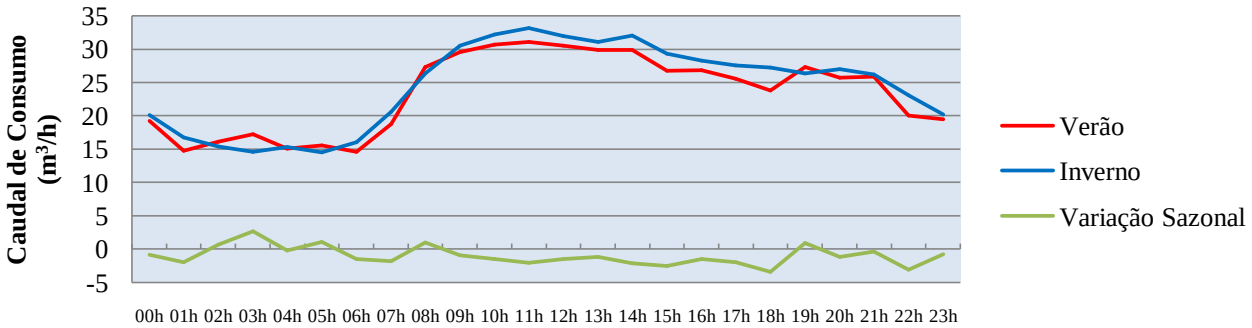


Figura 0-9– Consumo Médio Sazonal – PE Venda Nova

ANEXO III – CONSUMO NA LIGAÇÃO TELHEIRAS – AMADORA (MONTANTE)

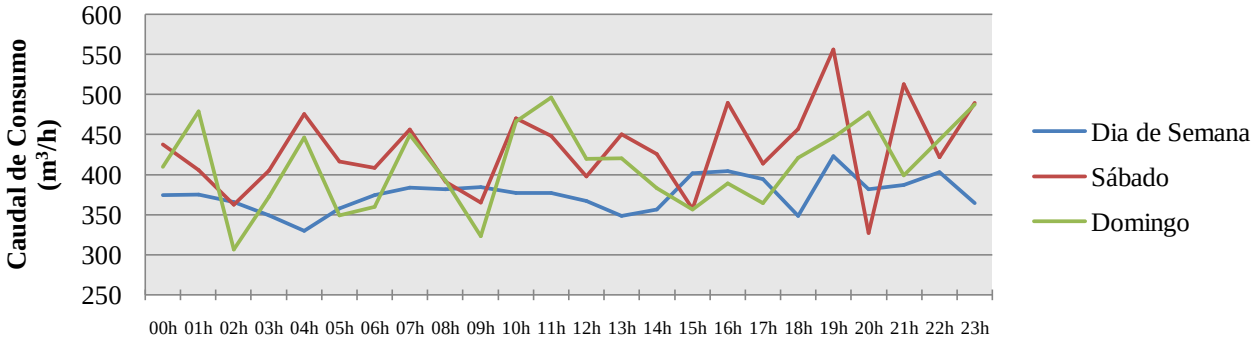


Figura 0-1– Consumo Montante Est. Correia (ZA Lisboa) - Verão

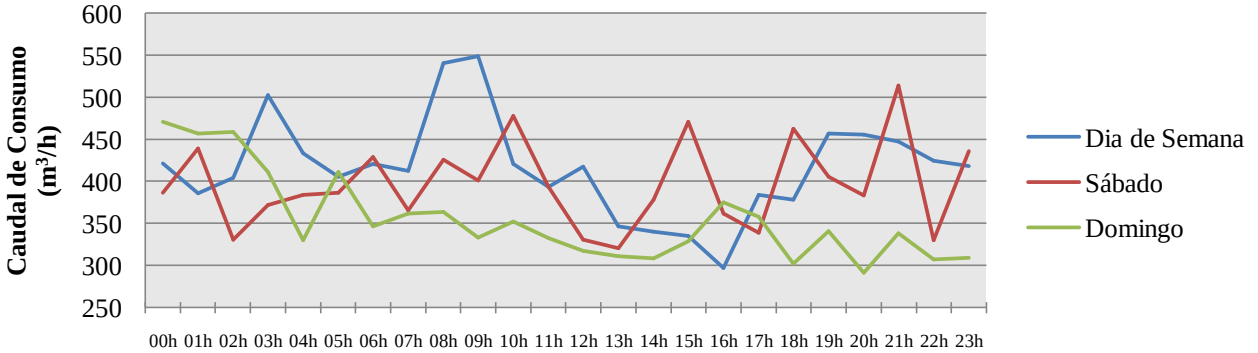


Figura 0-2– Consumo Montante Est. Correia (ZA Lisboa) - Inverno

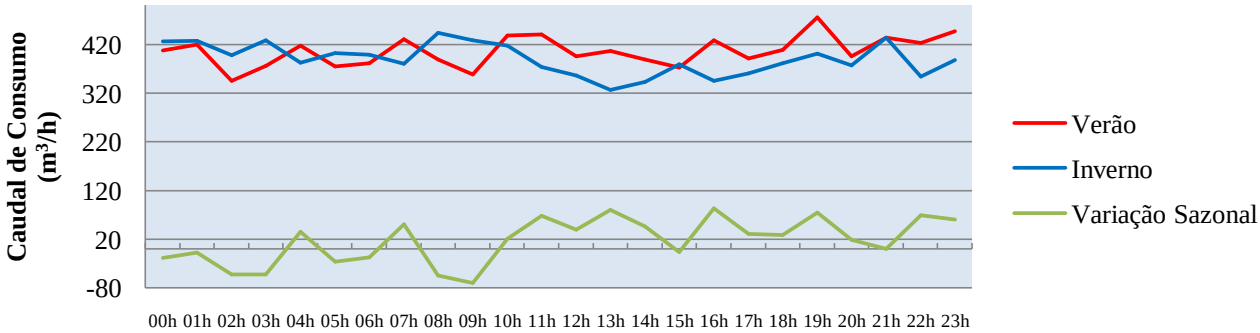


Figura 0-3– Consumo Médio Sazonal – Montante Est. Correia (ZA Lisboa)